

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

# **Konstrukční řešení křesla s podporou zvedání pacienta do stojící polohy**

*Design of the Chair with Sit-to-Stand Support*

Student:

Bc. Adam Tížek

Vedoucí diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn

Ostrava 2017

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Adam Tížek**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T013 Robotika  
Téma: **Konstrukční řešení křesla s podporou zvedání pacienta do stojící polohy**  
**Design of the Chair with Sit-to-Stand Support**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte variantní řešení kinematické struktury speciálního křesla pro podporu zvedání pacienta do stojící polohy. Trajektorii sedáku křesla při zvedání optimalizujte na základě parametrického modelu lidské postavy.
2. Vybranou variantu rozpracujte do úrovně detailního 3D modelu, včetně výkresové dokumentace, výrobních výkresů vybraných dílů a specifikace nakupovaných komponent.
3. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS Word a souborů systému Creo.

### Seznam doporučené odborné literatury:

1. Kárník, L. Servisní roboty. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 144 s. ISBN 80-248-0626-6.
2. Skařupa, J. – Mostýn, V. Teorie průmyslových robotů. 1. vydání. Košice: Viena Košice, 2000. 146 s. ISBN 80-88922-35-6.
3. Skařupa, J. – Mostýn, V. Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů. 1. vydání. Košice: Viena Košice, 2002. 190 s. ISBN 80-88922-55-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.


V Ostravě 15. 5. 2017

  
.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 15. 5. 2017

  
.....  
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Adam Tížek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Tísek 124

742 94 Tísek

### Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval panu prof. Dr. Ing. Vladimíru Mostýnovi za cenné rady při konzultacích práce. Rovněž bych rád poděkoval panu Ing. Milanu Miholovi, Ph.D. za všeobecné rady při vypracovávání práce.

Dále chci poděkovat své rodině za neustávající finanční a morální podporu při studiu.

## **Anotace bakalářské práce**

TÍŽEK, Adam. Konstrukční řešení křesla s podporou zvedání pacienta do stojící polohy. Ostrava, 2017. 61 s. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem křesla, které má za úkol snížit námahu osoby při pohybu do stoje. Úvod práce je zahájen průzkumem současných řešení této problematiky v různých cenových hladinách. Po stanovení požadavkového listu je proveden variantní návrh konstrukce křesla. Varianty jsou porovnány pomocí stanovených kritérií a následně je vybrána varianta optimální, která je dále vypracována do detailní podoby včetně specifikace nakupovaných komponent. Byly provedeny kontrolní výpočty součástí a pevnostní analýzy konstrukčních celků.

## **Annotation of master thesis**

TÍŽEK, Adam. Design of the Chair with Sit-to-Stand Support. Ostrava, 2017. 61 s. Master's thesis. VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of robotics. Thesis head: prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn.

This master thesis is focused on designing a chair that reduces elder's people effort when getting to standing position. The first part of this thesis is compiled research of current solutions in a different price levels. After requirements were established there is a design of possible variants. Variants are compared based on chosen criteria, which leads to choosing the optimal variant which was shaped into its final form with a list of purchased components from manufacturers. Optimal variant was checked with calculations of parts and stress analyses of assemblies.

## Obsah

Seznam použitého značení a zkratk .....	9
Úvod.....	11
1 Rešerše.....	12
1.1 Analýza servisní úlohy .....	12
1.2 Využití robotiky v oblasti ergonomie .....	12
1.3 Analýza současných řešení na trhu .....	14
1.3.1 Podsedák s pneumatickou pružinou.....	14
1.3.2 Polohovací relaxační křeslo .....	15
1.3.3 Multifunkční křeslo SELLA .....	16
1.3.4 Permobil F5 Corpus Vertical .....	17
1.3.5 Self-Reliance Support Robot .....	18
2 Požadavkový list.....	19
3 Návrh variant řešení .....	20
3.1 Model člověka.....	20
3.2 Analýza prováděného pohybu.....	22
3.3 Varianta A .....	23
3.4 Varianta B .....	24
3.5 Varianta C .....	26
4 Výběr optimální varianty.....	28
5 Konstrukční řešení vybrané varianty.....	33
5.1 Popis konstrukce .....	33
5.1.1 Podvozek.....	34
5.1.2 Zdvihač mechanismus .....	35
5.1.3 Horní rám.....	36
5.1.4 Opěradlo.....	37
5.1.5 Sedačka .....	38

5.1.6	Opěrky rukou .....	38
5.2	Krytování.....	39
5.3	Popis funkcí.....	40
5.3.1	Polohování .....	40
5.3.2	Brzda .....	40
5.4	Seznam nakupovaných komponent.....	41
6	Blokové schéma.....	43
7	Cenová kalkulace.....	44
8	Výpočtová část .....	45
8.1	Definování dynamický analýz.....	45
8.1.1	Analýza 1 – sed pacienta na křesle .....	45
8.1.2	Analýza 2 - zvedání pacienta .....	45
8.1.3	Analýza 3 - pacient je opřen o opěradlo ve sklopené poloze.....	47
8.2	Dimenzování pohonů .....	48
8.3	Dimenzování součástí .....	49
8.3.1	Použité vztahy pro kontrolu otlačení čepů.....	49
8.3.2	Uzel 1 .....	50
8.3.3	Uzel 2 .....	51
8.3.4	Uzel 3 .....	52
8.3.5	Uzel 6.....	53
8.3.6	Uzel 7.....	55
8.3.7	Uzel 12 .....	56
9	Ukázka praktického využití .....	57
	Závěr .....	58
	Seznam použité literatury .....	59
	Seznam příloh .....	61



## Seznam použitého značení a zkratk

Značení	Význam	Jednotka
$C_0$	Základní statická únosnost	[N]
$F$	Obecné značení síly	[N]
$F_a$	Axiální síla	[N]
$F_{\check{c}}$	Síla působící na 1 čep	[N]
$F_{\check{c}c}$	Celková síla působící na daný konstrukční uzel	[N]
$F_{du}$	Síla na 1 čep / 2 bočnice působící uprostřed drážky	[N]
$F_{duc}$	Celková síla působící uprostřed drážky	[N]
$F_{mo\_X}$	Síla od motoru pro natáčení sedačky - osa x	[N]
$F_{mo\_Y}$	Síla od motoru pro natáčení sedačky - osa y	[N]
$F_{mv\_X}$	Síla od motoru pro vertikální pohyb v ose x	[N]
$F_{mv\_Y}$	Síla od motoru pro vertikální pohyb v ose y	[N]
$F_{mvc}$	Celková síla od motoru pro vertikální pohyb	[N]
$F_{nast\_X}$	Síla v místě nastavovacího čepu - osa x	[N]
$F_{nast\_Y}$	Síla v místě nastavovacího čepu - osa y	[N]
$F_{pev\_X}$	Síla od nůžkového mechanismu s pevným uchycením v ose x	[N]
$F_{pev\_Y}$	Síla od nůžkového mechanismu s pevným uchycením v ose y	[N]
$F_{piv\_X}$	Síla v místě otáčení opěradla - osa x	[N]
$F_{piv\_Y}$	Síla v místě otáčení opěradla - osa y	[N]
$F_{pos\_Y}$	Síla od nůžkového mechanismu s posuvnou vazbou v ose y	[N]
$F_r$	Radiální síla	[N]
$G_p$	Tíhová síla pacienta	[N]
$G_{pn}$	Tíhová síla pacienta normálová vzhledem k sedačce	[N]
$G_{pt}$	Tíhová síla pacienta tečná vzhledem k sedačce	[N]
$L_F$	Rameno síly	[mm]
$L_{Fd}$	Rameno síly pro kontrolu drážky	[mm]
$M_o$	Ohybový moment	[Nmm]
$M_{omax}$	Maximální ohybový moment	[Nmm]
$M_{omax\_d}$	Maximální ohybový moment pro kontrolu drážky	[Nmm]
$P_0$	Ekvivalentní statické zatížení	[N]
$R_e$	Mez kluzu	MPa
$S$	Obecné značení plochy průřezu	[mm <sup>2</sup> ]
$W_o$	Modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$X_0$	Koeficient pro radiální sílu	[-]
$Y_0$	Koeficient pro axiální sílu	[-]

$a$	Rozměr nosníku	[mm]
$a_{nd}$	Šířka nosné části drážky ve vodorovném směru	[mm]
$a_p$	Šířka zbývajícího materiálu drážky	[mm]
$b$	Rozměr nosníku	[mm]
$b_d$	Šířka drážky pro čep	[mm]
$b_L$	Šířka kluzného pouzdra	[mm]
$b_{nd}$	Šířka nosné části drážky ve svislém směru	[mm]
$d_{\check{c}}$	Průměr čepu	[mm]
$d_v$	Výpočtový průměr čepu	[mm]
$k_{\check{c}}$	Bezpečnost pro čep	[-]
$k_d$	Bezpečnost namáhání drážky	[-]
$l$	Rameno	[mm]
$l_d$	Délka drážky	[mm]
$p$	Měrný tlak	[MPa]
$p_d$	Dovolený měrný tlak	[MPa]
$p_{dklp}$	Dovolený tlak v kluzném pouzdře	[MPa]
$r_s$	Rameno valivého odporu	[mm]
$s_0$	Statická bezpečnost	[-]
$v$	Vůle mezi součástmi	[mm]
$\alpha$	Úhel naklopení sedací části	[°]
$\pi$	Ludolfovo číslo	[-]
$\sigma_{do}$	Dovolené napětí v ohybu	[MPa]
$\sigma_o$	Napětí v ohybu	[MPa]

IP	Ingress Protection	Stupeň krytí
AC	Alternating Current	Střídavý proud
DC	Direct Current	Stejnoseměrný proud
HC	Hand Control	Příruční ovladač

## Úvod

Stáří je etapa života, které se nikdo nevyhne. Organismus stárne a každodenní úkony už nezvládá tak dobře jako to dokáže mladý člověk. Uplatnění robotiky v této oblasti je tedy perspektivní, protože obyvatelstvo se s neustálým pokrokem v mnoha oborech (především zdravotnictví) dožívá vyššího věku.

Mezi nejzákladnější každodenní pohyby patří obyčejné vstávání ze židle. Jedná se o zdánlivě jednoduchý úkon, avšak u starších lidí s bolestmi pohybového aparátu se dá hovořit o značné námaze, která může být násobena obezitou člověka. Člověk může být tímto odkázán na pomoc druhých lidí, což má za následek fyzickou námahu druhé osoby.

Úkolem diplomové práce je navrhnout zařízení, které snižuje námahu staršího člověka při pohybu do stojící polohy.

Analýza aktuálního stavu na trhu je provedena rešerší zařízení s podobným účelem v různých cenových hladinách. Stručně je popsána problematika této servisní úlohy. Dle zadání a provedené rešerše byly stanoveny požadavky na návrh zadaného zařízení. Návrh variant probíhá v souladu s těmito požadavky, kde každá varianta je svým provedením jedinečná. Modely jsou tvořeny pomocí programu PTC Creo.

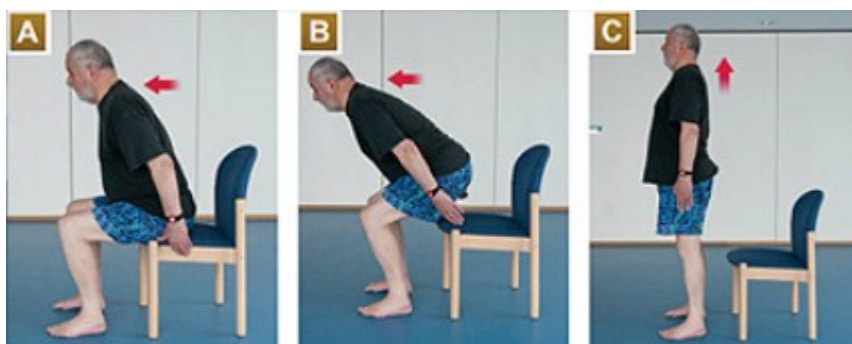
Na základě zvolených kritérií je vybrána optimální varianta, jejíž podoba je podrobně zpracována, včetně výpočtové a výkresové dokumentace. Na závěr je uvedena její orientační cena.

## 1 Rešerše

V této kapitole je vysvětlena problematika analyzované úlohy, tj. zvedání člověka ze sedu do stoje. V druhé části je uvedeno využití těchto zařízení v denním životě a soubor nalezených řešení, které byly již navrženy, aby bylo možné sestavit požadavkový list.

### 1.1 Analýza servisní úlohy

Přechod mezi polohou vsedě a ve stoje patří mezi nejčastěji opakované pohyby v denním životě člověka. Se zvyšujícím se věkem stárne pohybový aparát a tento pohyb se stává těžším. Pro pochopení problematiky je nutné analyzovat tuto servisní úlohu.



Obr. 1.1 Pohyb ze sedu do stoje [1]

Pohyb ze sedu do stoje je možné rozdělit na 3 fáze:

- A. Naklonění trupu směrem dopředu. To přesune těžiště člověka blíže k chodidlům. Konec fáze nastává zvednutím hýždí ze židle.
- B. Přenesení váhy na dolní končetiny zapojením stehenních svalů. Pohyb trupu dopředu, kdy se těžiště dostane nad chodidla.
- C. Pohyb do vzpřímené polohy zapojením kotníkových, stehenních, břišních a zádočných svalů.

Z analýzy vyplývá, že tento pohyb nejvíce zatěžuje kolenní a kyčelní kloub. Snížení zatížení kloubů je nutno dosáhnout vhodným konstrukčním řešením navrhovaného křesla.

### 1.2 Využití robotiky v oblasti ergonomie

Využití robotiky v této oblasti se každým dnem rozšiřuje. Člověk ve stáří je více závislý na pomoci druhých lidí, což je pro něj značně omezující. Se snižující se pohyblivostí osoby, s čímž rovněž může souviset zvyšování hmotnosti osoby, stoupají nároky na obsluhující personál v oblasti fyzické zdatnosti.

Úkolem robotiky v této oblasti je nahradit roli pečující osoby, aniž by se snížilo pohodlí, které zařízení má poskytovat. Proto jsou elektricky polohovatelná křesla vybavena vlastním řídicím systémem odpovídající složitosti (počet pohonů) pomocí kterých je

schopen člověk křeslo polohovat dle svých požadavků. Ovládání může být realizováno pomocí standardního tlačítkového ovladače na opěrci rukou nebo pro budoucí generace vhodné ovládání pomocí aplikace v chytrém telefonu. Složitost řídicího systému se odvíjí od počtu pohonů v konstrukci.

Dělení dle počtu pohonů:

- 1) Bez elektrického pohonu (viz Obr. 1.2) – nenahrazují lidskou sílu, jen zmenšují sílu, kterou musí člověk vyvinout
- 2) S jedním pohonem – křeslo umožňuje polohování jedné jeho části, nebo závislý pohyb dvou pohyblivých částí
- 3) S více pohony (viz Obr. 1.3) – umožňují nezávislé polohování pohyblivých částí (podnožní díl, zádový díl)

Dělení dle mobility:

- 1) Stacionární – zařízení nelze přesouvat, když je používáno (člověk v křesle – absence poháněného podvozku)
- 2) Mobilní – se zařízením je možné manipulovat, i když v něm sedí člověk



Obr. 1.2 Příklad křesla bez elektrického pohonu [2]



Obr. 1.3 Příklad více křesla s více pohony [3]

### 1.3 Analýza současných řešení na trhu

#### 1.3.1 Podsedák s pneumatickou pružinou



Obr. 1.4 Pomoc při vstávání [4]



Obr. 1.5 Samostatný podsedák [4]

Jedná se o podložku s vnitřním mechanismem od firmy KP. Podložka je samostatná, což umožňuje přesun podložky kamkoli je potřeba. Velkou výhodou je nízká hmotnost podložky, která se dá lehce přenášet na různá křesla a židle, což znamená vysokou přizpůsobitelnost prostředí. Nevýhodou je omezení použití podsedáku pouze pro osoby v rozsahu hmotnosti (viz Tab. 1.1), což vyplývá z použitého pohonu (pneumatický válec), který není napájen, ale pracuje s hmotností člověka. Výrobce však nabízí výrobek i pro hmotnost  $43 \div 100$  kg.

Výchozí poloha podsedáku je v poloze „otevřeno“. Podsedák brání, tzv. tvrdému dosednutí tím, že při zátěži brzdí pohyb dolů. Naopak při pohybu nahoru pneumatický válec pomáhá osobě svojí silou vstát. Je vhodné, aby válec byl nastaven na 80% hmotnosti osoby, aby osoba zvedala pouze 20% své hmotnosti.

Tab. 1.1 Technické parametry podsedáku od firmy KP

Technické parametry	
Hmotnost	4,5 kg
Rozměry (d x š)	43 x 48 cm
Výška (otevřeno/zavřeno)	26/5 cm
Úhel naklopení (otevřeno)	30°
Rozsah hmotnosti osoby	90 ÷ 155 kg
Cena	6 669 Kč

### 1.3.2 Polohovací relaxační křeslo



Obr. 1.6 Polohy křesla [5]

Jedná se o elektrické relaxační křeslo s jedním pohonem. Mohou ho použít jak starší lidé, tak i lidé bez jakéhokoli problému s mobilitou díky multifunkčnosti křesla.

Výchozí polohou je standardní křeslo. Křeslo umožní jak bezproblémové usednutí do křesla, tak i vstávání z křesla. Při sezení si může osoba nastavit, v jaké poloze chce relaxovat. Nabízí se výchozí poloha křesla a poloha vleže. Kvůli přítomnosti jednoho pohonu nelze nezávisle polohovat zádový a nožní díl. Jednotlivé polohy křesla je možné přepínat tlačítkovým drátovým ovladačem.

Tab. 1.2 Technické parametry polohovací křesla

Technické parametry	
Hmotnost	46 kg
Celkové rozměry (v x š)	107 x 80 cm
Rozměry sedadla (š x h)	50 x 53 cm
Max. nosnost	147 kg
Cena	14 437 Kč

### 1.3.3 Multifunkční křeslo SELLA



Obr. 1.7 Multifunkční křeslo [6]



Obr. 1.8 Zvedání pacienta [6]

Jedná se o multifunkční křeslo SELLA od výrobce BORCAD. Křeslo je bez elektrických pohonů. Pohyby zádového a podnožního dílu jsou realizovány pneumatickými písty, které jsou ovládány ručně obsluhující osobou nebo pacientem.

Křeslo je polohovatelné do tří poloh:

1. Poloha pro sed
2. Poloha pro leh – umožňuje relaxaci pacienta sklopením zádového dílu a zvednutím podnožního dílu
3. Poloha pro zvednutí pacienta – sedačka s opěradlem se naklopí dopředu (zhruba 20°) pro ulehčení vstávání i odlehčení zátěže obsluhující osoby zvedání pacienta

Výhody:

- nastavení výšky křesla
- snadno čistitelné povrchy křesla
- volitelné příslušenství
  - průměr a druh koleček
  - držák na infuzní stojan
  - typ opěrek rukou, opěrky hlavy, stolek se zábranou
  - sklopení podnožního a zádového dílu (závislé/nezávislé)
- bezpečnost – zabrzdění při vstávání osoby



Tab. 1.3 Technické parametry křesla SELLA

Technické parametry	
Hmotnost	39 kg
Celková výška v základním stavu	1 325 mm
Celková délka v základním stavu	910 mm
Celková délka při poloze vleže	1610 mm
Celková šířka	685 mm
Úhel nastavení zádového dílu	12 ÷ 70°
Úhel nastavení podnožního dílu	12 ÷ 90°
Max. hmotnost osoby	150 kg
Cena	32 942 Kč

#### 1.3.4 Permobil F5 Corpus Vertical



Obr. 1.9 F5 Corpus ve výchozí poloze [7]



Obr. 1.10 F5 Corpus ve stojící poloze [7]

Permobil je výrobkem švédské firmy, která se zabývá vývojem tohoto zařízení 45 let. Zařízení je určeno pro tělesně postižené, kteří mají ochrnuté dolní končetiny. Má velmi široké využití díky možnosti použití ve venkovním i vnitřním prostředí a vysoké variabilitě poloh.

Základní polohy:

1. Poloha pro sed (Obr. 1.9)
2. Poloha pro leh
3. Poloha pro stoj (Obr. 1.10)

Zařízení však díky přítomnosti několika elektrických pohonů lze polohovat do libovolných poloh pomocí ovladače umístěného na opěrkách rukou. Neotočná kola jsou poháněna elektrickými pohony.

Toto křeslo není vhodné pro člověka s amputovanými dolními končetinami, protože je nutné, aby

Tab. 1.4 Technické parametry pro Permobil F5 Corpus

Technické parametry	
Hmotnost (včetně baterií)	196 kg
Nosnost	136 kg
Výška sedadla (elektrický pohon)	450 ÷ 800 mm
Celková šířka	655 ÷ 790 mm
Maximální výška překážky	70 ÷ 100 mm
Rychlost	12 km/h
Dojezd	25 ÷ 35 km
Cena (záleží na vybavenosti)	400 000 Kč

### 1.3.5 Self-Reliance Support Robot



Obr. 1.11 Self-reliance support robot [8]

Toto zařízení od firmy Panasonic má za úkol pomáhat člověku při chůzi a při vstávání a usedání do židle nebo na toaletu a umožňuje jim tak provádění každodenních činností. Pomocí senzorů se zjišťuje, jakou minimální sílu musí zařízení vyvinout, aby byl člověk schopný bezpečné chůze. Tím je zajištěno, že člověk přiměřeně používá k pohybu

svoji vlastní sílu, čímž se sníží ochabování svalů v důsledku snížené pohyblivosti osoby a je osoba chráněna proti přetížení kloubů a svalů z důvodu stáří.

V současné době není zařízení dostupné v České republice, ani nejsou známy jeho parametry.

## 2 Požadavkový list

Tato kapitola si klade za cíl vymezit požadavky na návrh variant řešení. Požadavky jsou závazné a je bezpodmínečně nutné je splnit.

Zařízení má sloužit jako pohodlná židle. Jedná se o stacionární zařízení s možností přesunu. Při přesunu na větší vzdálenosti (např. mezi pokoji) je nutné, aby křeslo nebylo používáno a bylo ve výchozí poloze.

Další požadavky na konstrukci jsou uvedeny v Tab. 2.1.

Tab. 2.1 Požadavkový list

Požadavek	Hodnota
Hmotnost	70 kg
Nosnost	120 kg
Cena	150 000,-
Maximální šířka křesla	800 mm
Rozsah výšky uživatele	170 – 190 cm
Lokomoční ústrojí	otočné kladky
Ovládání pojezdu	manuální (pomoc druhé osoby)
Pohon zvedání	elektrický
Ovládání zvedání	ovladač s kabelem
Napájení	230 V nebo akumulátor
Oblast použití	domácnost
Typy povrchů	koberec, plovoucí podlaha

### 3 Návrh variant řešení

Tato kapitola pojednává o vytvořeném modelu člověka, analýze pohybu, kterého je nutné dosáhnout pro splnění zadání a následně se zabývá návrhem jednotlivých variant řešení. Návrh variant je primárně zaměřen na návrh mechanismu vykonávající zvedací pohyb.

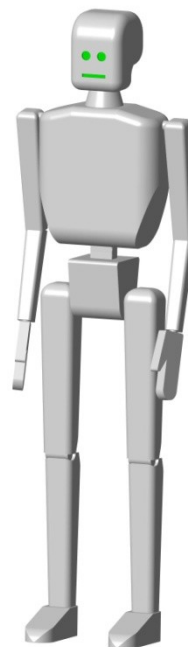
#### 3.1 Model člověka

Pro analýzu pohybu byl vyzkoušen modul Manikin, který poskytuje program PTC Creo. Tento modul nabízí v základní verzi omezený výběr figurantů (viz Obr. 3.1). Ukázalo se však, že tento modul není pro analýzy vhodný kvůli vysokému počtu prvků, z kterého se figurant skládá a analýza je tímto příliš náročná na výpočet. Použití figurantů je spíše pro estetické účely (prezentace).

Pro účely analýzy byl vytvořen zjednodušený model člověka (viz Obr. 3.2), který má omezené počty stupňů volnosti. V každém kloubu horní a dolní končetiny je pouze jeden stupeň volnosti (dále jen DoF). Páteř je zjednodušena do jednoho kloubu, který spojuje pánev a hrudník.

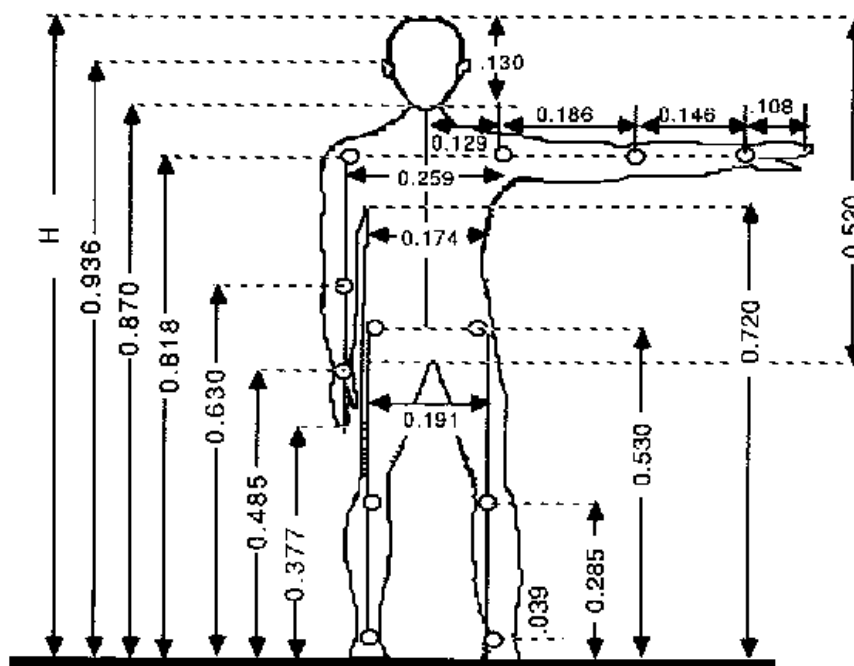


Obr. 3.1 Creo - vestavěný model člověka



Obr. 3.2 Zjednodušený model člověka

Pro definování rozměrů zjednodušeného modelu jsou použity hodnoty dle Henryho Dreyfusse, který vytvořil náčrty poměrných délek jednotlivých částí člověka (viz Obr. 3.3).



Obr. 3.3 Poměrné délky částí lidského těla dle Henryho Dreyfusse [9]

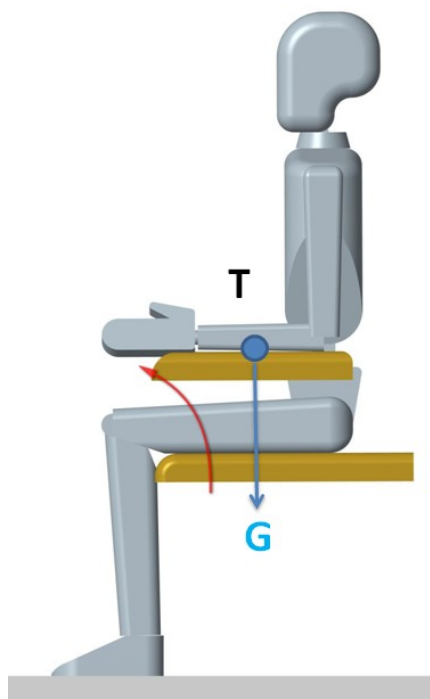
Správné rozložení hmotnosti při analýzách je zajištěno zadáním hodnot poměrných hmotností dle provedených studií.

Tab. 3.1 Poměrné hmotnosti jednotlivých částí lidského těla [10]

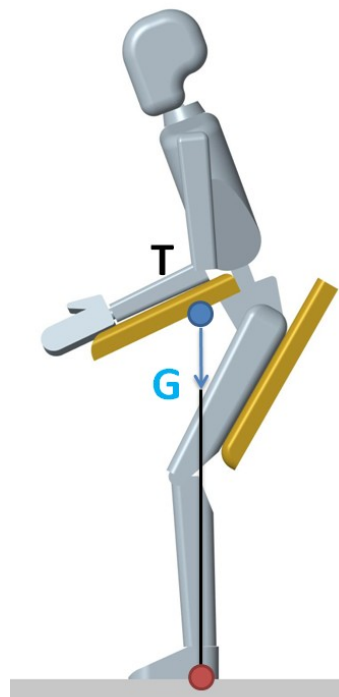
Část těla	Muži	Ženy
Celé tělo	100	100
Trup	48,3	50,8
Hlava a krk	7,1	9,4
Stehno	10,5	8,3
Holeň	4,5	5,5
Chodidlo	1,5	1,2
Paže	3,3	2,7
Předloktí	1,9	1,6
Ruka	0,6	0,5

### 3.2 Analýza prováděného pohybu

Prováděnou úlohou je pohyb člověka ze sedu do stoje. Tento pohyb je vyšetřen pomocí kinematické analýzy v programu PTC Creo s použitím zjednodušeného modelu člověka (viz Obr. 3.2).



Obr. 3.4 Výchozí poloha



Obr. 3.5 Konečná poloha

Ve výchozí poloze člověk sedí a opírá se předloktím o opěradla rukou. Optimální řešení je současný pohyb sedačky a opěradel rukou. Cílem pohybu je dostat člověka do polohy, kdy se těžiště člověka přesune nad oblast chodidel. Pohybem z výchozí do koncové polohy se postupně hmotnost člověka přenáší na dolní končetiny. V koncové fázi je již nucen vlivem gravitace držet větší část své hmotnosti pomocí dolních končetin a případně i horních končetin. Následný přechod do stoje proto vyžaduje méně energie a menší namáhání kloubů a svalů.

Pohyb sedačky je složen ze dvou základních pohybů:

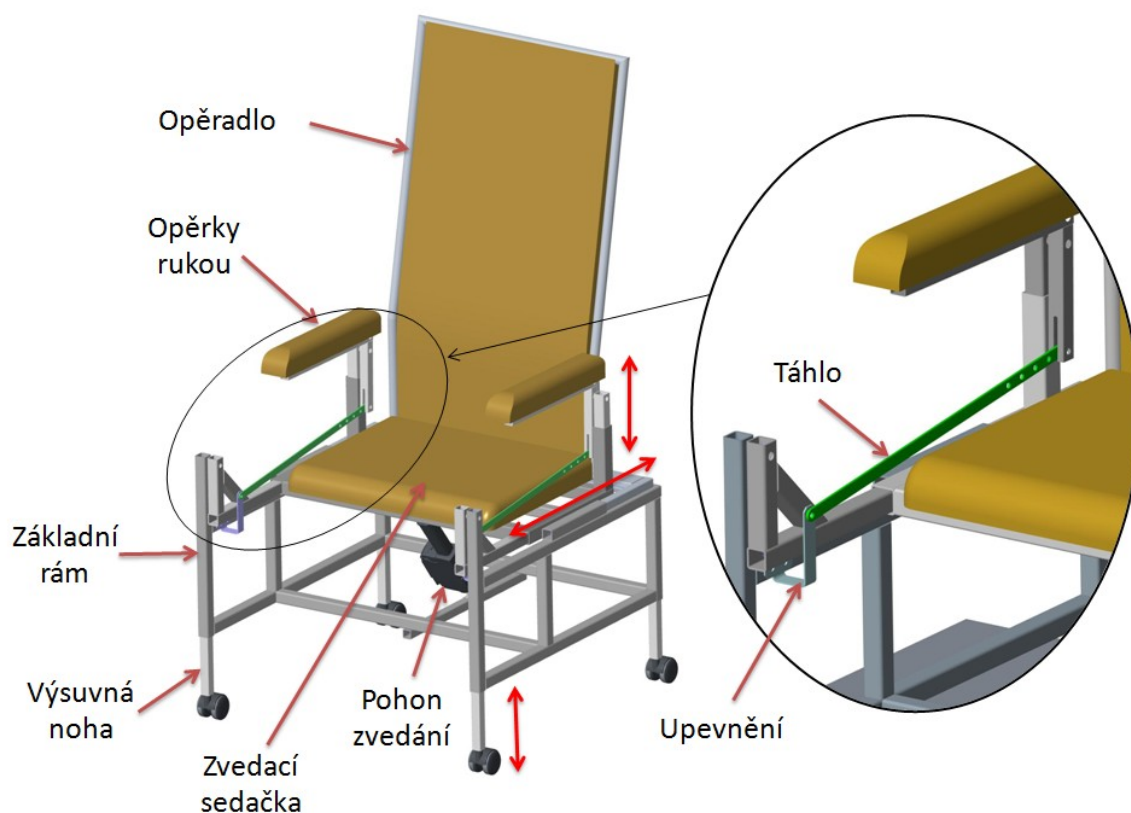
1. Vertikální pohyb sedačky (pomáhá udržovat kontakt zadní strany stehen se sedačkou)
2. Naklápění sedačky (přesouvání těžiště směrem dopředu)

Pro realizaci současného pohybu opěradel rukou a sedačky je nutné vzájemné spojení se základním rámem a sedačky, což může při určitých koncepcích zkomplikovat řešení.

### 3.3 Varianta A

V této variantě je použit jeden lineární aktuátor, který zajišťuje naklápění sedačky, která se otáčí kolem osy, která je na úrovni kolene uživatele. Zde je snaha, aby kotník zůstal po dobu zvedání sedačky v nehybném stavu.

Nastavitelnost pro různé výšky uživatelů (výškový zdvih křesla, posunutí sedačky a zadového opěradla, zvýšení opěradel rukou) je zajištěna vysouváním profilů vložených do sebe, které jsou nastavitelné v určitých krocích.



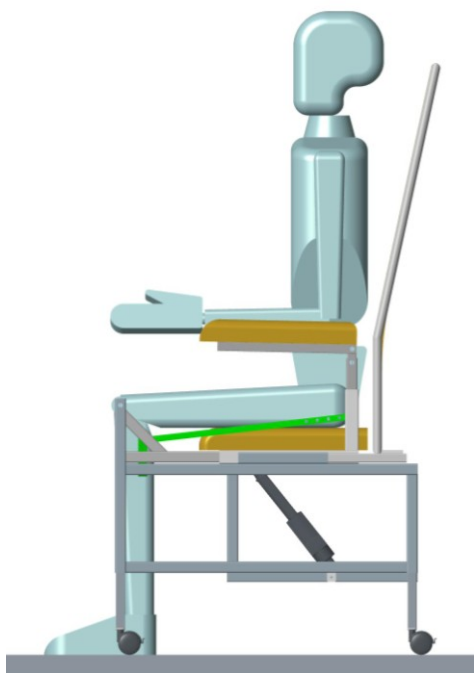
Obr. 3.6 Varianta A s pohledem na opěradlo rukou

Tab. 3.2 Parametry varianty A

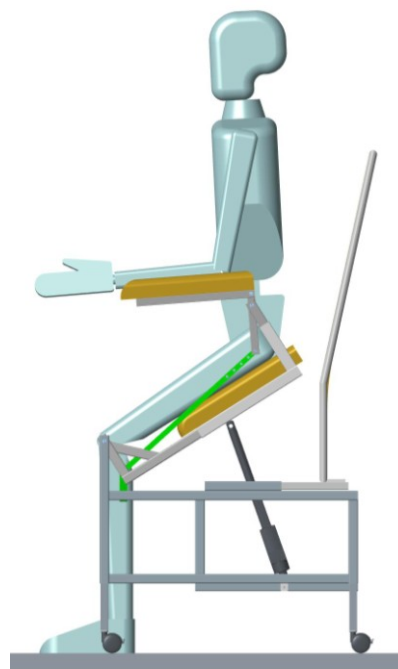
Parametr	Hodnota
Hmotnost	43,8 kg
Výška uživatele	150 – 190 cm
Rozměry (D x Š x V)	675 x 714 x 1300 mm
Rozsah pohybu sedačky	45° – 32°

### Vlastnosti varianty A:

- Naklápění sedačky kolem osy v úrovni kolenního kloubu
- Pohyb opěradel rukou (vazba na pohyb sedačky)
- Zádové opěradlo nepohyblivé
- Úhel natočení sedačky se snižuje se zvyšující se výškou uživatele



Obr. 3.7 Základní poloha varianty A



Obr. 3.8 Koncová poloha varianty A

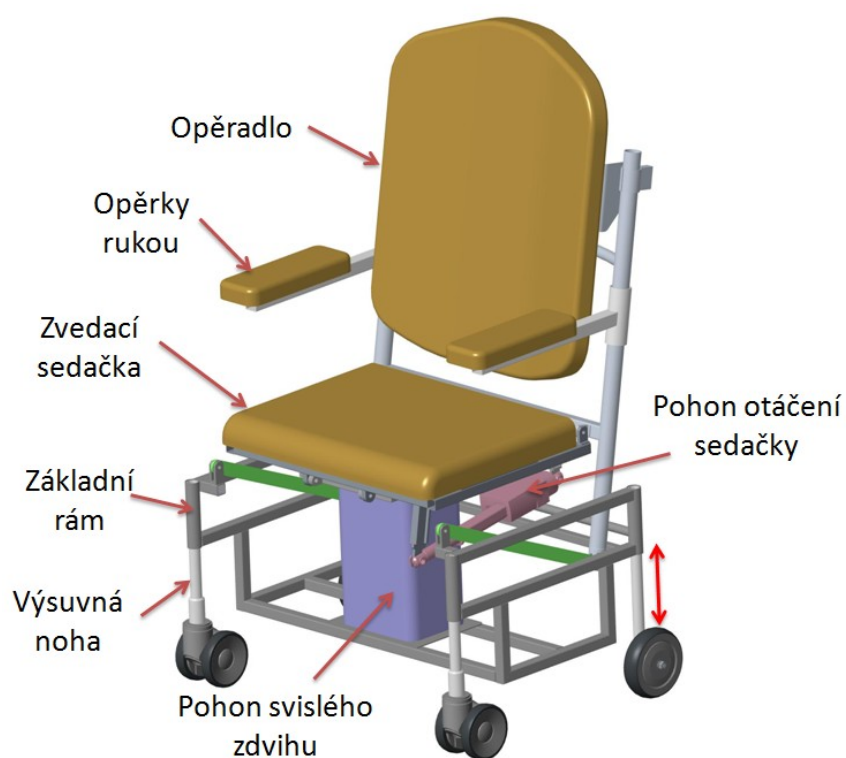
### 3.4 Varianta B

Tato varianta používá dvou lineárních pohonů:

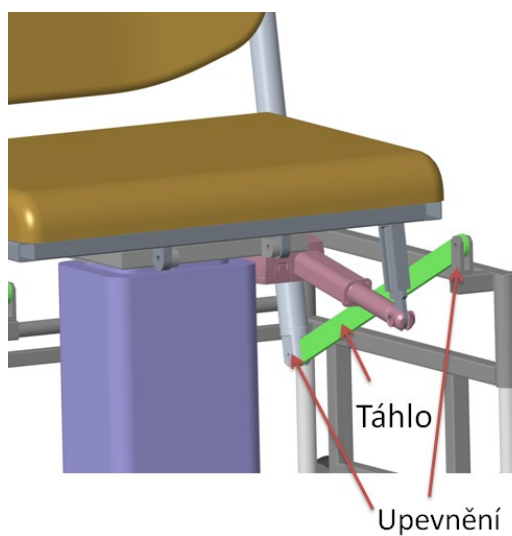
1. Lineární sloup – výškový zdvih křesla při zvedání uživatele (neslouží pro libovolné polohování pro komfort uživatele)
2. Lineární aktuátor – natáčení sedačky

Výšková nastavitelnost pro různé výšky uživatele se nastavují výsuvnými nohami, které lze nastavit v určitých krocích. Zádové opěradlo se pohybuje spolu se sedačkou při zvedání uživatele v takové pozici, aby nezpůsobovalo jeho nucené předklánění. Tato závislost je zajištěna spojením se základním rámem pomocí táhel na obou stranách. Opěradla rukou jsou pevně spojena se zádovým opěradlem.





Obr. 3.9 Varianta B



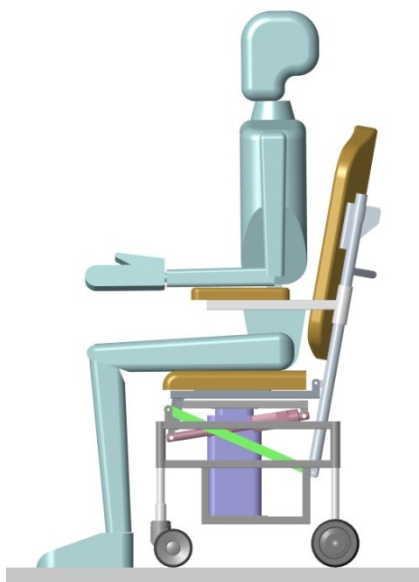
Obr. 3.10 Detail spojení zádového opěradla s rámem

Tab. 3.3 Parametry varianty B

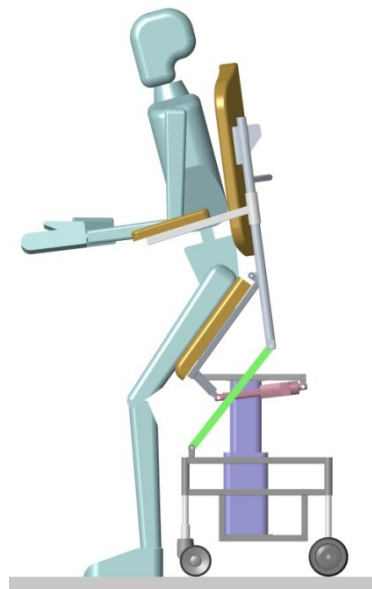
Parametr	Hodnota
Hmotnost	31 kg
Výška uživatele	160 – 180 cm
Rozměry (D x Š x V)	575 x 702 x 1150 mm
Rozsah pohybu sedačky	54°

### Vlastnosti varianty B:

- Současný chod dvou pohonů – dobrá trajektorie pohybu
- Současný pohyb zádového opěradla se sedačkou
- Opěradlo rukou pevně spojeno se zádovým opěradlem

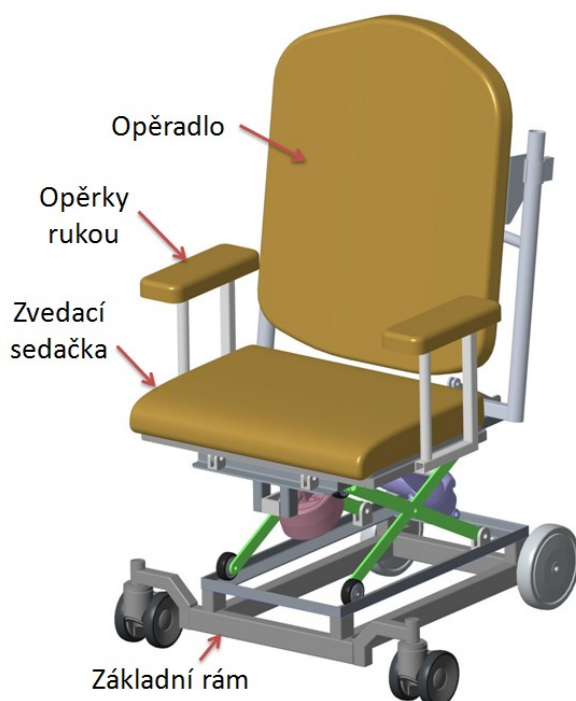


Obr. 3.11 Základní poloha varianty B

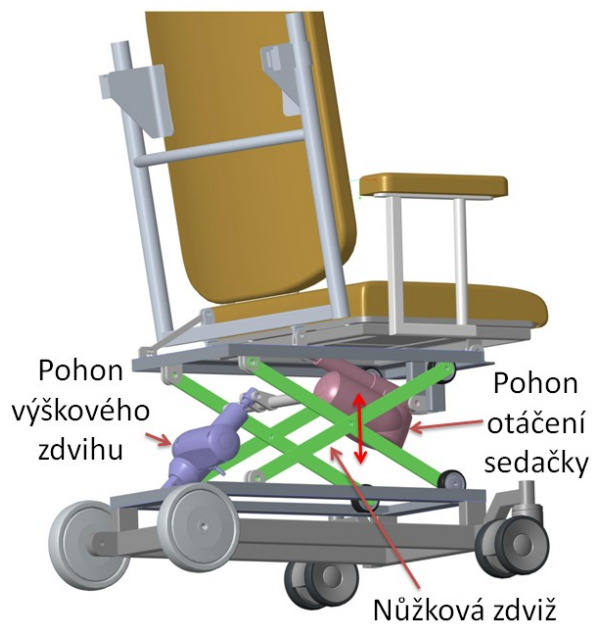


Obr. 3.12 Koncová poloha varianty B

### 3.5 Varianta C



Obr. 3.13 Varianta C



Obr. 3.14 Varianta C – nůžková zdviž

V konstrukci této varianty jsou osazeny dva lineární aktuátory, které umožňují výškový zdvih (nůžková zdviž) a natočení sedačky. Při zvedání uživatele jsou v chodu současně. Výšková nastavitelnost pro komfort uživatele je možná pomocí nůžkové zdviže.

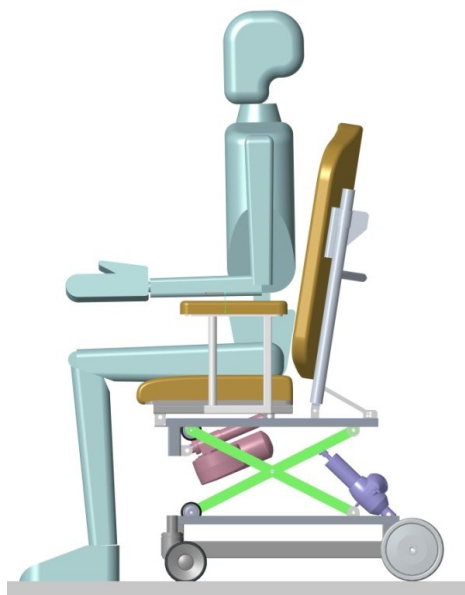
Zádové opěradlo je spojeno s pevnou částí rámu sedačky, pohybuje se tudíž pouze ve vertikálním směru (nemění úhel natočení). Opěradla rukou jsou pevně spojena s otočným rámem sedačky, otáčejí se tedy se sedačkou, ale nemění vzhledem k sedačce úhel natočení.

Tab. 3.4 Parametry varianty C

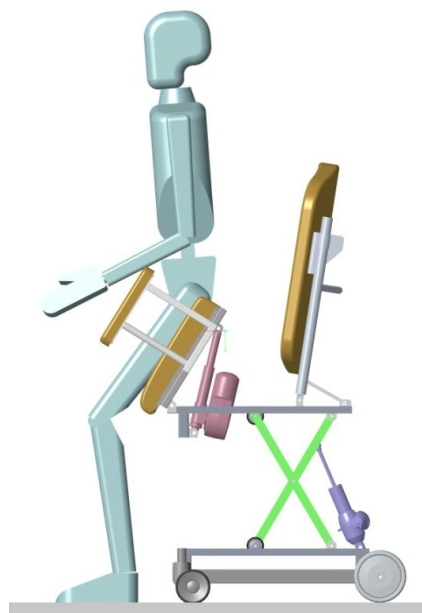
Parametr	Hodnota
Hmotnost	56 kg
Výška uživatele	160 – 180 cm
Rozměry (D x Š x V)	650 x 670 x 1100 mm
Rozsah pohybu sedačky	60°

#### Vlastnosti varianty C:

- Současný chod dvou pohonů – dobrá trajektorie pohybu
- Současný pohyb zádového opěradla se sedačkou (pouze ve vertikálním směru)
- Opěradlo pevně spojeno s otočným rámem sedačky



Obr. 3.15 Základní poloha varianty C



Obr. 3.16 Koncová poloha varianty C

## 4 Výběr optimální varianty

Navržené varianty budou nyní pomocí kritériální analýzy srovnány a bude vybrána varianta optimální.

### Hodnoty kritérií:

Tab. 4.1 Hodnoty kritérií

Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Průměrná úroveň	4
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	2
Nepříznivý stav	1

Tab. 4.2 Významnosti kritérií

Nejvyšší	2
Nejnižší	1

### Kritéria hodnocení:

Na základě navržených variant byly vybrány následující kritéria, která se navzájem budou porovnávat.

Tab. 4.3 Zvolená kritéria pro hodnocení

Označení kritéria	Kritérium	Popis kritéria
K1	Hmotnost	Celková hmotnost konstrukce
K2	Šířka	Šířkový rozměr zařízení
K3	Rozsah pohybu	Maximální úhel natočení sedačky
K4	Náklady*	Přibližná náklady navržené varianty
K5	Přizpůsobení**	Způsob nastavení výšky sedačky od podlahy

\*Jedná se o hrubé náklady na výrobu a nejdůležitější nakupované části bez započtení konstruktérské práce.

\*\*U variant A a B je nastavení jednorázové při montáži pomocí manuálního vysunutí nohy z profilu. U varianty B je navíc možnost případného polohování pomocí lineárního sloupu, který je však primárně určen k podpoře vstávání. Varianta C umožňuje pouze elektricky ovládané polohování pomocí nůžkové zdviže.

## Vyhodnocená kritéria:

Tab. 4.4 Konkrétní hodnoty jednotlivých kritérií

Označení kritéria	Varianta A	Varianta B	Varianta C
K1	43,8 kg	31 kg	56 kg
K2	714 mm	702 mm	671 mm
K3	45 – 32°	54°	60°
K4	65 700,-	104 900,-	98 000,-
K5	manuální (jednorázové)	kombinované	elektrické

## Hodnocení kritérií

Tab. 4.5 Bodové hodnocení variant řešení

Označení kritéria	Varianta A	Varianta B	Varianta C
K1	4	5	3
K2	4	4	5
K3	2	5	6
K4	5	4	4
K5	3	4	6

## Určení významnosti:

Tab. 4.6 Metoda porovnání v trojúhelníku párů

Porovnávané páry kritérií				Počet voleb v	Pořadí
K1	K1	K1	K1	0,5	4
K2	K3	K4	K5		
	K2	K2	K2	2	2
	K3	K4	K5		
		K3	K3	3	1
		K4	K5		
		K4	K4	1,5	3
		K5	K5	3	1

**Závislost váhy významnosti  $q$  na počtu voleb  $v$ :**

Tato závislost je lineární, platí tedy vztah:

$$q = k \cdot v + b \quad (4.1)$$

Pro vykreslení přímky je třeba vyjádřit směrnici  $k$  a hodnotu posunutí přímky  $b$ .

Dosazením nejnižší hodnoty  $v = 0,5$  a nejnižší hodnoty významnosti  $q = 1$  do vztahu (4.1) získáme:

$$1 = \frac{1}{2} \cdot k + b \quad (4.2)$$

Dosazením nejvyšší hodnoty  $v = 3$  a nejvyšší hodnoty významnosti  $q = 2$  do vztahu (4.1) získáme:

$$2 = 3 \cdot k + b \quad (4.3)$$

Vztahy (4.2) a (4.3) tvoří soustavu dvou lineárních rovnic o dvou neznámých:

$$1 = \frac{1}{2} \cdot k + b \quad (4.4)$$

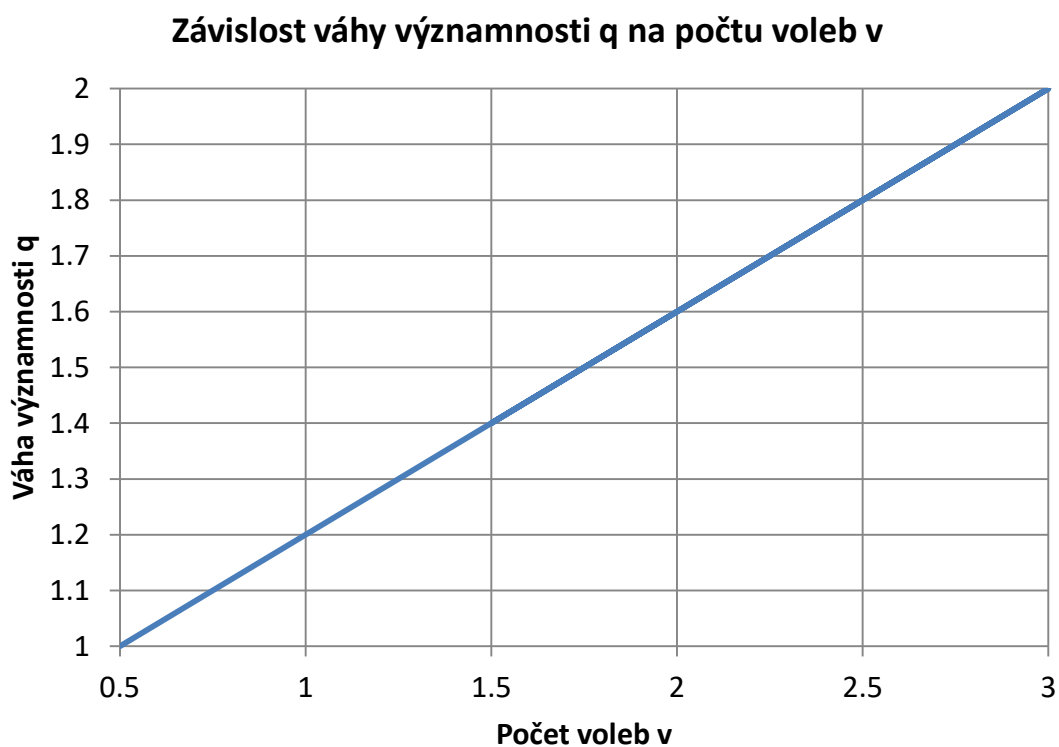
$$2 = 3 \cdot k + b$$

Řešení této soustavy (4.4) je:

$$k = \frac{2}{5} ; b = \frac{4}{5}$$

Výsledná lineární funkce pro výpočet váhy významnosti je:

$$q = \frac{2}{5} \cdot v + \frac{4}{5} \quad (4.5)$$



Obr. 4.1 Závislost váhy významnosti  $q$  na počtu voleb  $v$

#### Váha významností pro jednotlivá kritéria:

Nyní je možno, ať už z grafu či ze vztahu (4.5), zjistit váhu významnosti jednotlivých kritérií (viz Tab. 4.7).

Tab. 4.7 Váha významností jednotlivých kritérií

Označení kritéria	Váha významnosti
K1	1
K2	1,6
K3	2
K4	1,4
K5	2

### Vyhodnocení variant řešení:

Nyní zjistím výpočtem vážený index pro každou variantu a ty následně porovnávám.

Tab. 4.8 Vážený index varianty A

Označení kritéria	Varianta A		
	Bodové hodnocení	Váha významnosti	Vážený index
K1	4	1	4
K2	4	1,6	6,4
K3	2	2	4
K4	5	1,4	7
K5	3	2	6
Celkový vážený index			27,4

Tab. 4.9 Vážený index varianty B

Označení kritéria	Varianta B		
	Bodové hodnocení	Váha významnosti	Vážený index
K1	5	1	5
K2	4	1,6	6,4
K3	5	2	10
K4	4	1,4	5,6
K5	4	2	8
Celkový vážený index			35

Tab. 4.10 Vážený index varianty C

Označení kritéria	Varianta C		
	Bodové hodnocení	Váha významnosti	Vážený index
K1	3	1	3
K2	5	1,6	8
K3	6	2	12
K4	4	1,4	5,6
K5	6	2	12
Celkový vážený index			40,6

Porovnáním celkových vážených indexů jednotlivých je zjištěno, že optimálním řešením, které bude dále rozpracováno, je varianta C.

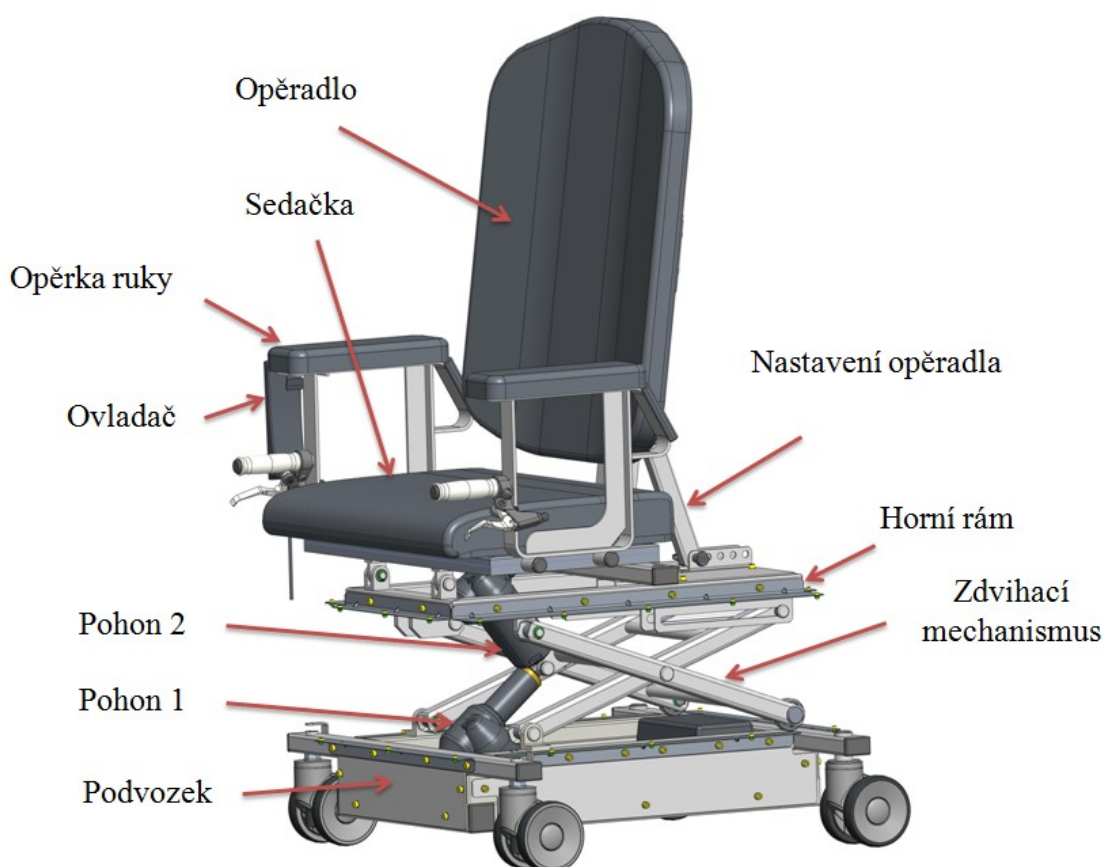


## 5 Konstrukční řešení vybrané varianty

Tato kapitola má za úkol popis všech částí navrženého řešení. Pro přehlednější popis je konstrukce rozdělena na jednotlivé konstrukční celky (Obr. 5.1). Materiál konstrukce je převážně ocel kvůli vysokému namáhání. Použity jsou polotovary od výrobce Feron [11] a Feromax [12].

Kontrolní výpočty jsou uvedeny v kapitole 8. Pevnostní analýzy jednotlivých konstrukčních celků jsou uvedeny v příloze B.

### 5.1 Popis konstrukce

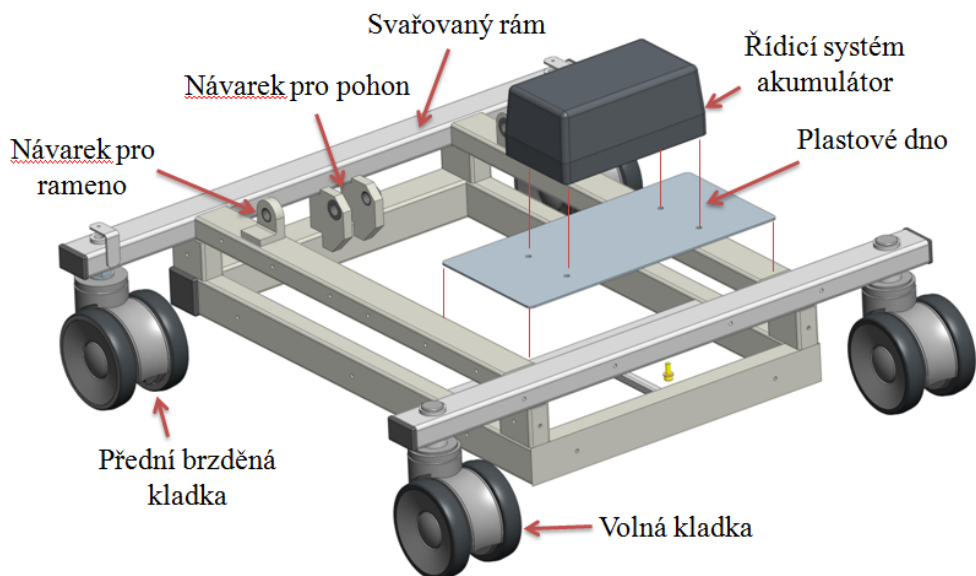


Obr. 5.1 Rozpracovaná optimální varianta

Tab. 5.1 Základní technické parametry optimální varianty

Parametr	Hodnota
Hmotnost	49,6 kg
Nosnost	120 kg
Výška uživatele	170 – 190 cm
Rozměry (D x Š x V)	680 x 633 x 1140 mm
Rozsah pohybu sedačky	60°
Výškový zdvih	230 mm

### 5.1.1 Podvozek



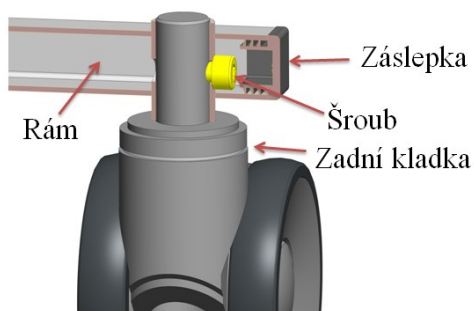
Obr. 5.2 Podvozek

Rám podvozku je svařovaný uzavřený celek z obdélníkových a čtvercových profilů pro dosažení maximální tuhosti. V přední části je podvozek zesílen silnějším profilem z důvodu působení síly pohonu. Pro připojení navazujících částí konstrukce jsou na rámu návarky, ve kterých je nalisováno kluzné pouzdro (Příloha E), které zajišťuje hladký chod a bezúdržbovost.

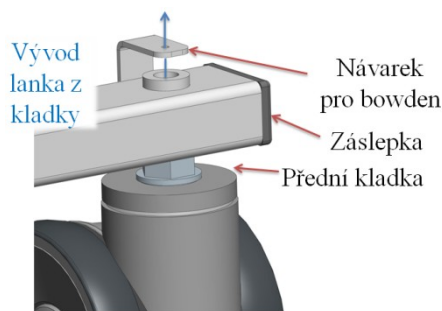
Lokomoce podvozku je zajištěna 4 kladkami. Zadní kladky [13] jsou montovány pomocí čepů a zajištěny jsou šroubem (viz Obr. 5.3). Jsou volně otočné a bez brzdy. Přední kladky [14] jsou montovány pomocí závitu do závitového návarku v rámu. Tyto kladky jsou vybaveny brzdou, která je ovládána lankem. Pro vedení lanka v bowdenovém kabelu je na každé straně rámu navařen návarek (viz Obr. 5.4)

Uvnitř v rámu je nalepeno plastové dno (lepidlo Loctite V5004 [15]) a k němu je přišroubován box s řídicím systémem a akumulátorem (Příloha D).

Neuzavřené konce profilů jsou vhodně zakrytovány záslepkami od firmy Essentra Components [16].

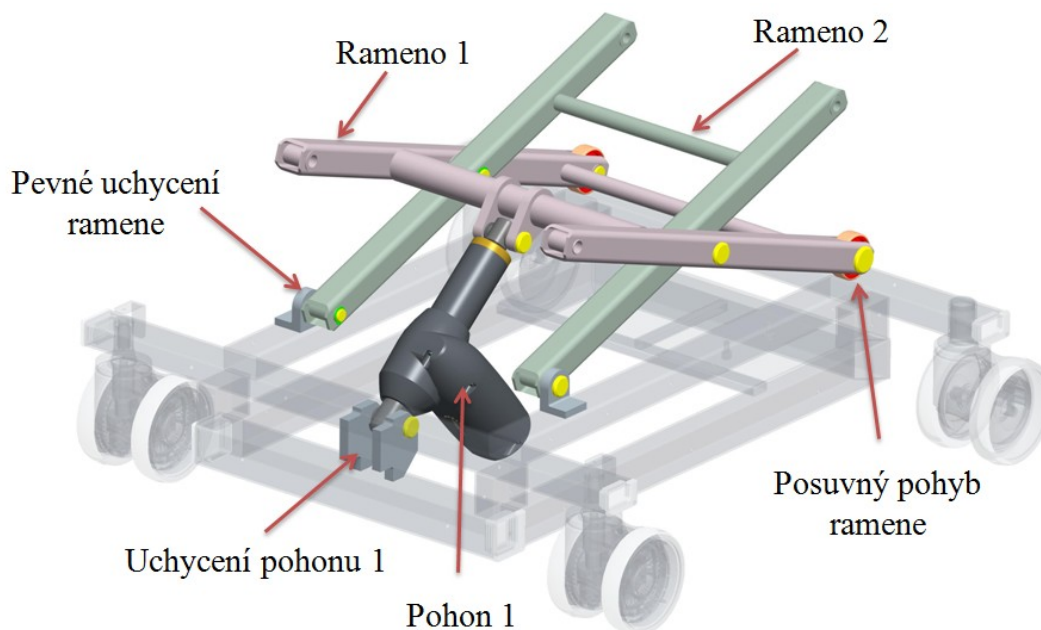


Obr. 5.3 Zajištění zadní kladky



Obr. 5.4 Návarek pro vedení lanka

### 5.1.2 Zdvihací mechanismus

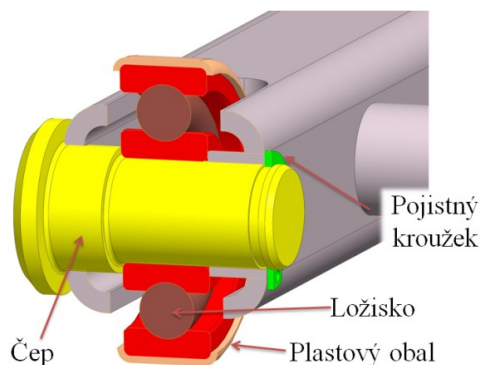


Obr. 5.5 Zdvihací mechanismus

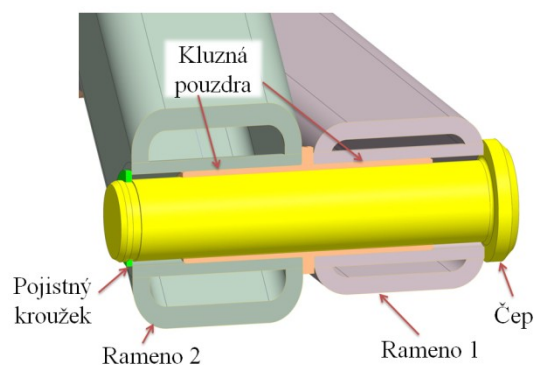
Zdvihací mechanismus umožňuje výškové nastavení sedačky a také se účastní zvedání pacienta. Mechanismus se skládá ze dvou svařených ramen, která jsou uprostřed vzájemně spojena čepem (Obr. 5.7). Jeden konec ramene je pevný, druhý má na konci kuličkové ložisko [17], které umožňuje odvalování po ocelovém profilu. Ložisko má po obvodu plastový obal (Obr. 5.6), aby se předešlo poškození ocelového povrchu.

Pohyb mechanismu zajišťuje lineární aktuátor REAC RE60-120 [18], který je spojen s ramenem 1 a podvozkem. Zároveň omezuje pohyb mechanismu do nepřipustných hranic (vyjetí ramene mimo profil podvozku).

Není-li uvedeno jinak, je standardně použito spojení dvou součástí pomocí čepu s pojistným kroužkem.

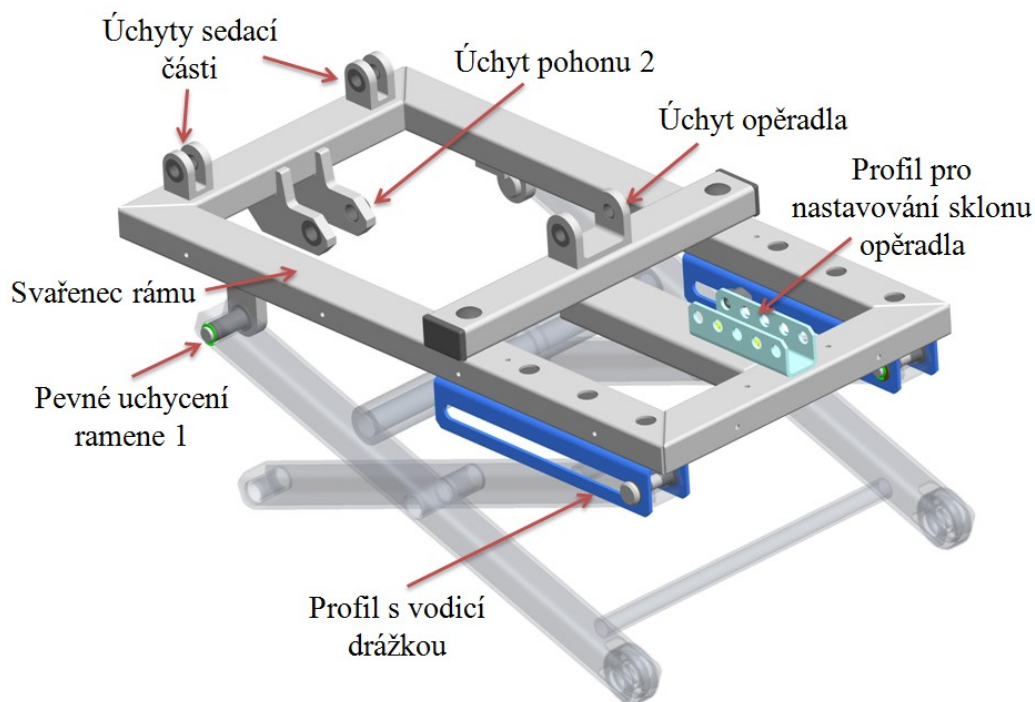


Obr. 5.6 Posuvný konec ramene 1



Obr. 5.7 Příklad spojení dvou částí (prostřední spoj)

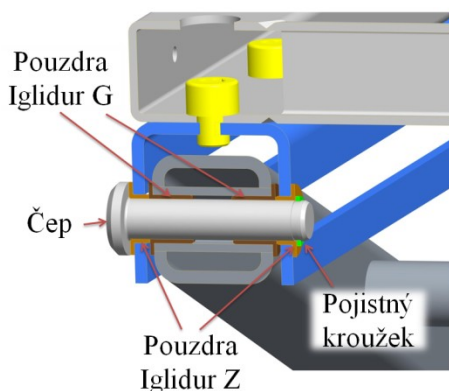
### 5.1.3 Horní rám



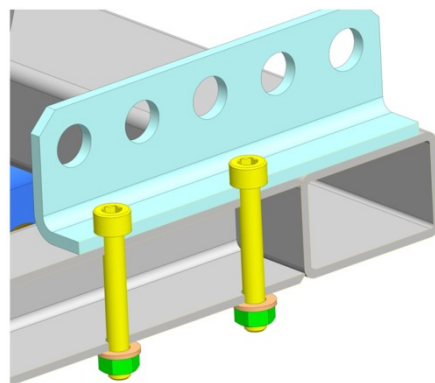
Obr. 5.8 Horní rám

Horní rám navazuje na zdvihací mechanismus podobným způsobem jako podvozek. Rameno 1 je spojeno s rámem pevně, rameno 2 je spojeno posuvně pomocí vodící drážky. Vodící drážka zde nahradila ložisko, protože hrozilo naklopení celého horního rámu při zatížení. Profil s vodící drážkou je ke svařovanému rámu přišroubován (Obr. 5.9). Pro pohyb ve vodící drážce je použito kluzné pouzdro Iglidur Z (Příloha F) z důvodu vyššího otlačení. Profil pro nastavení úhlu opěradla je rovněž přišroubován (Obr. 5.10).

V úchytech určených pro navazující celky jsou opět nalisována kluzná pouzdra Iglidur G (Příloha E).

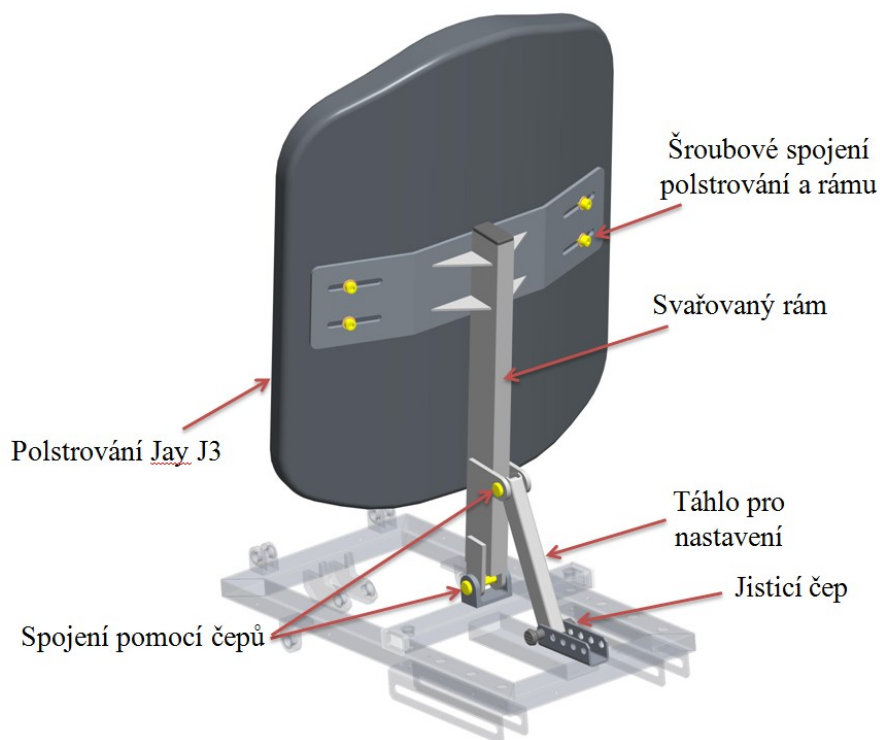


Obr. 5.9 Spojení ramene 2 a horního rámu



Obr. 5.10 Uchycení profilu pro nastavení opěradla

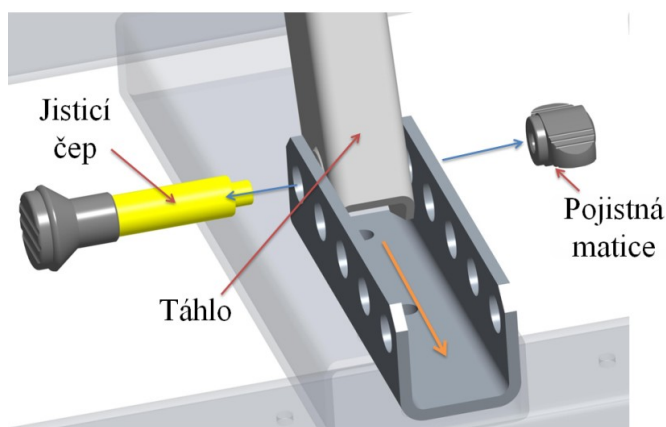
### 5.1.4 Opěradlo



Obr. 5.11 Opěradlo

Rám je svařovaný z hlavního profilu a jednotlivých návarků pro připojení dalších celků. Dále je zde navařen plech s drážkami pro uchycení polstrování Jay J3 s objednacím číslem J3SCSHT51 [19]. V návarcích jsou nalisována kluzná pouzdra Iglidur G (Příloha E).

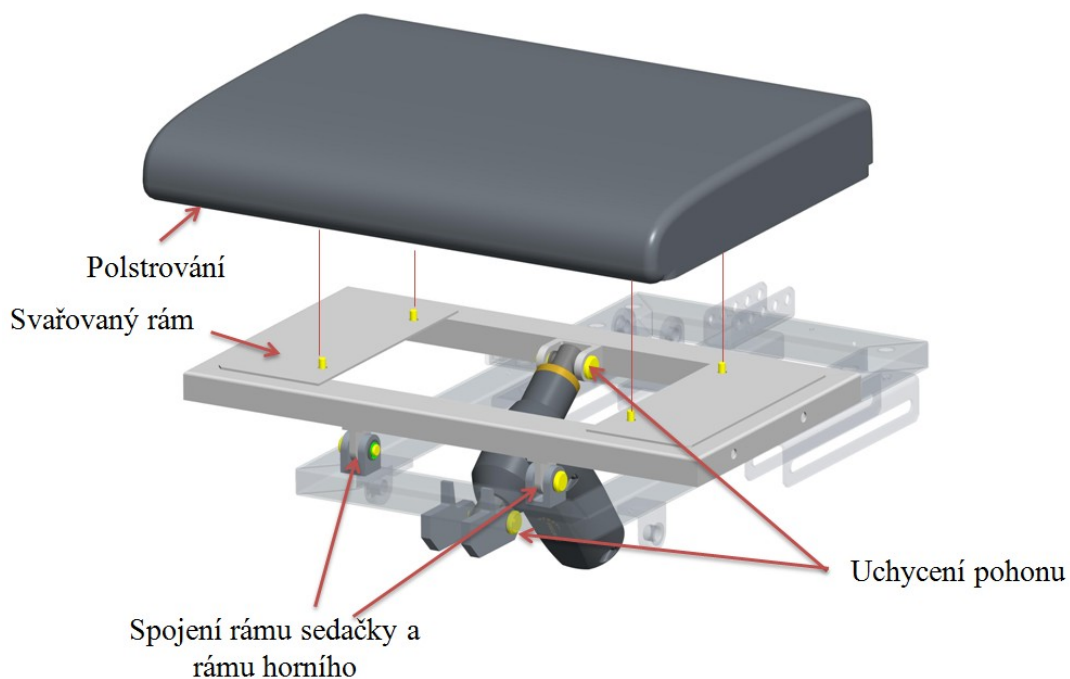
Rám opěradla je pomocí jednoho čepu otočně spojen s horním rámem. Rotaci opěradla je zabráněno táhlem, které slouží k nastavení úhlu opěradla (Obr. 5.12). Nastavení je provedeno odšroubováním pojistné tvarované matice, vytáhnutím jisticího čepu, přesunutím táhla do jiné polohy (změna úhlu opěradla), zajištěním táhla jisticím čepem a pojištění matice proti axiálnímu posuvu čepu.



Obr. 5.12 Způsob nastavení úhlu zadového opěradla



### 5.1.5 Sedačka

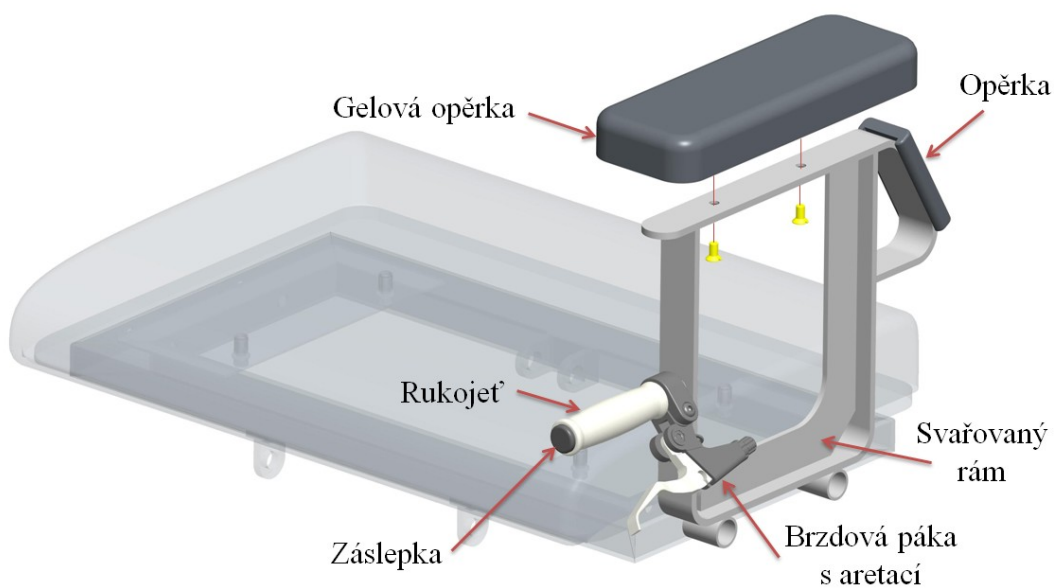


Obr. 5.13 Sedačka

Rám sedačky je svařovaný z obdélníkových profilů, na nichž jsou po stranách bodově navařeny plechy pro úchyt polstrování, které se navrhuje. Dále jsou zde návarky s nalisovanými kluznými pouzdry Iglidur G (Příloha E). Uchycení k hornímu rámu je řešeno čepy s pojistnými kroužky.

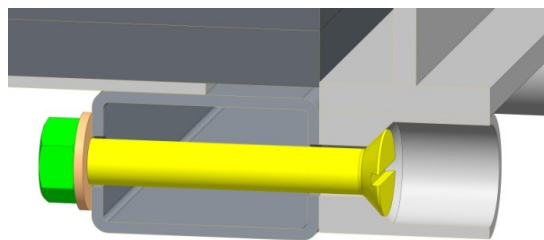
Natočení provádí lineární aktuátor REAC RE60-80 [18], který spojuje horní rám a rám sedačky.

### 5.1.6 Opěrky rukou



Obr. 5.14 Opěrka ruky

Rám opěrky je svařený ze dvou ohnutých plechů a vyztužen je žebrem ve tvaru L. Na přední straně je přivařena trubka, na kterou je namontovaná brzdová páka spolu s rukojetí.



Obr. 5.15 Spoj opěrky se sedací částí

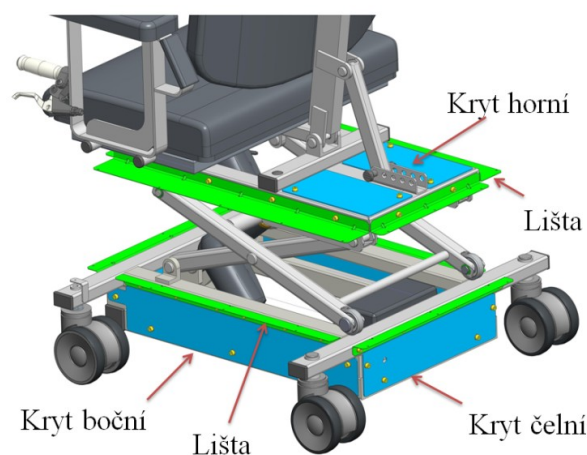
Gelová opěrka [20] je přišroubována dvěma šrouby. Zadní opěrka je přilepena a slouží pro oporu při vstávání.

Obě opěrky jsou přišroubovány přímo k sedací části (Obr. 5.14), aby se při zvedání pacienta natáčely a poskytovaly oporu. Standardní provedení šroubu zajišťuje, že v místě styku součástí není závit, aby případně nenastalo jeho smykové namáhání.

## 5.2 Krytování

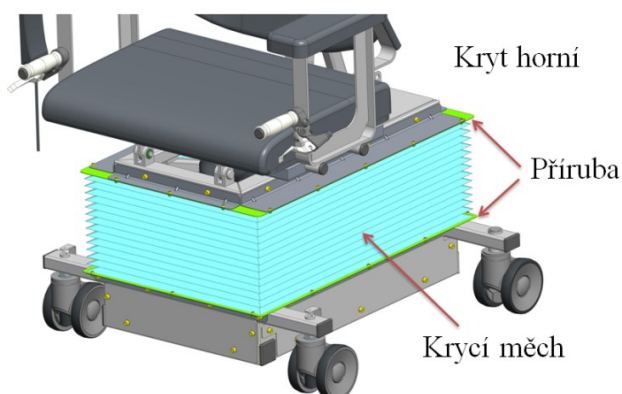
Konstrukce obsahuje navzájem se pohybující části, proto musí být mechanismus zařízení zakryt, aby nedošlo ke kontaktu pacienta s pohyblivými částmi.

Nepohybující se celky jsou přikryty plastovými kryty, které jsou přišroubovány na podvozek a horní rám. Šroubové spoje jsou zajištěny lepidlem Loctite 241 [21].



Obr. 5.16 Krytování pevných částí

Zdvihací mechanismus vyžaduje flexibilní typ krytu, protože prostor mezi podvozkem a horním rámem se mění v závislosti na polohování do výšky. Proto jsou na obě pohybující se části přišroubovány hliníkové lišty, které mají za úkol držet krycí měch.



Obr. 5.17 Krycí měch

Krycí měch se skládá ze dvou ocelových přírub a flexibilního měchu z omyvatelné látky. K lištám je přišroubován šroubovými spoji se samojisticími maticemi. V případě realizace projektu se měch zadává firmě k výrobě, protože je uzpůsobený na míru tomuto zařízení.

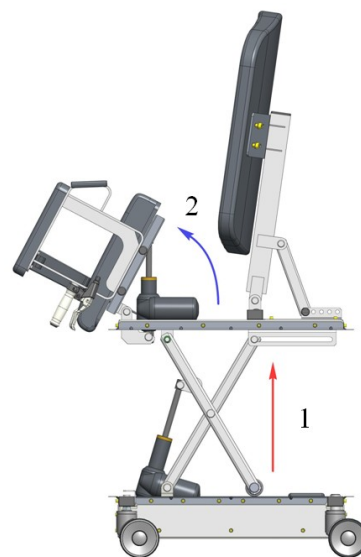
## 5.3 Popis funkcí

### 5.3.1 Polohování

Zařízení obsahuje dva lineární aktuátory, což umožňuje následující způsoby polohování:

1. Výškový zdvih - vysunutí spodního aktuátoru (pohyb 1)
2. Vstávání ze židle - současný pohyb obou aktuátorů v závislosti na nastavených rychlostech (pohyb 1 a 2)

Nastavení rychlostí při pohybu obou aktuátorů je nutno provést při montáži zařízení pro pacienta, který křeslo bude primárně používat. Ovladač je zavěšen na pravé opěrce rukou.

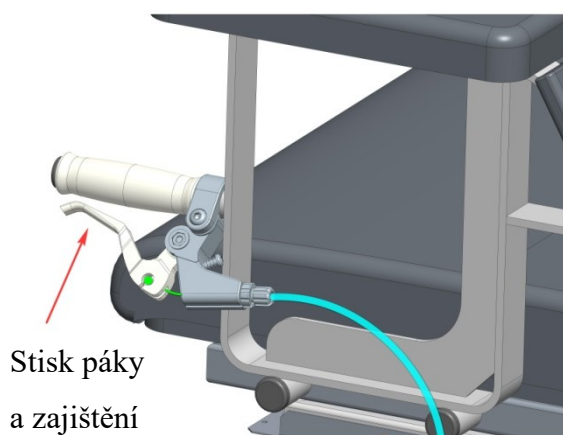


Obr. 5.18 Způsob polohování

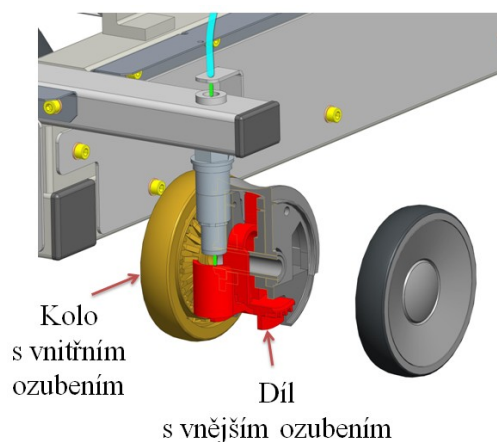
### 5.3.2 Brzda

Při pohybu do stojící polohy je nutné, aby zařízení bylo zabrzděno. Lokomoce se skládá ze čtyř kladek, ze kterých jsou přední dvě zabrzděná. Je to z toho důvodu, aby při případném odlehčení zadní části zařízení při pohybu do stojící polohy, zůstala přední zabrzděná kladka neodlehčená a spolehlivě zabrzděná.

Brzdění je dosaženo volbou vhodné kladky, která má uvnitř tvarovou brzdu. Ve výchozí poloze je kladka zabrzděná. Stisknutím brzdové páky a jejím zajištěním ve stisknuté poloze (Obr. 5.19) se zařízení odbrzdí - vysunutí dílu s vnějším ozubením směrem nahoru (Obr. 5.20). Vyobrazený model páky je pouze orientační.



Obr. 5.19 Odbrzdění kladky



Obr. 5.20 Funkce kladky



## 5.4 Seznam nakupovaných komponent

V této kapitole je soupis všech komponent, které jsou na trhu k dispozici a byly použity pro návrh tohoto zařízení.

V konstrukci jsou dva lineární pohony stejného typu s rozdílnými zdvihy:

1. Výškové polohování - zdvih aktuátoru 120 mm
2. Naklápění sedačky - zdvih aktuátoru 80 mm

Tab. 5.2 Technické parametry aktuátoru REAC RE60

Technické parametry RE60	
Síla (tlak)	5 000 N
Stupeň krytí	IP54
Dostupný zdvih	45 ÷ 120 mm (po 5 mm)
Základní montážní délka	85 mm
Rychlost (při zatížení)	3,3 mm·s <sup>-1</sup>



Obr. 5.21 Lineární aktuátor RE60 [18]

Tab. 5.3 Technické parametry kontrolboxu RCB10

Technické parametry RCB10	
Pracovní napětí	24 VDC
Stupeň krytí	IPX4
Kapacita	2 Ah
Nabíjecí napětí	100 ÷ 240 VAC
Hmotnost	1,9 kg (včetně akumulátoru)



Obr. 5.22 Kontrolbox RCB10 [22]

Tab. 5.4 Technické parametry ovladače REAC RHC10

Technické parametry RHC10	
Ovládání pohonu	držení tlačítka
Stupeň krytí	IPX4
Zavěšení	háček
Signalizace LED	nabíjení vybitý akumulátor červená (porucha) zapnuto



Obr. 5.23 Ovladač RHC10 [23]

Tab. 5.5 Technické parametry přední kladky TENTE LINEA safety

Technické parametry přední kladky	
Průměr kladky	100 mm
Způsob montáže	čep se závitem M10x25 mm
Hmotnost	0,74 kg
Nosnost (dynamická/statická)	100/200 kg



Obr. 5.24 Přední kladka TENTE LINEA safety [14]

Tab. 5.6 Technické parametry zadní kladky TENTE LINEA

Technické parametry zadní kladky	
Průměr kladky	100 mm
Způsob montáže	čep (pojištění šroubem)
Hmotnost	0,822 kg
Nosnost (dynamická/statická)	100/200 kg



Obr. 5.25 Přední kladka TENTE LINEA [13]

Tab. 5.7 Technické parametry brzdové páky Varia

Technické parametry brzdové páky	
Hmotnost	0,113 kg
Materiál	slitina hliníku
Způsob aretace	tlačítko



Obr. 5.26 Brzdová páka Varia [24]

Tab. 5.8 Technické parametry zádového opěradla Jay J3

Technické parametry Jay J3	
Šířka	51 cm
Výška	61 cm
Hloubka kontury	5 cm
Nosnost	136 kg



Obr. 5.27 Zádové opěradlo Jay J3 [19]

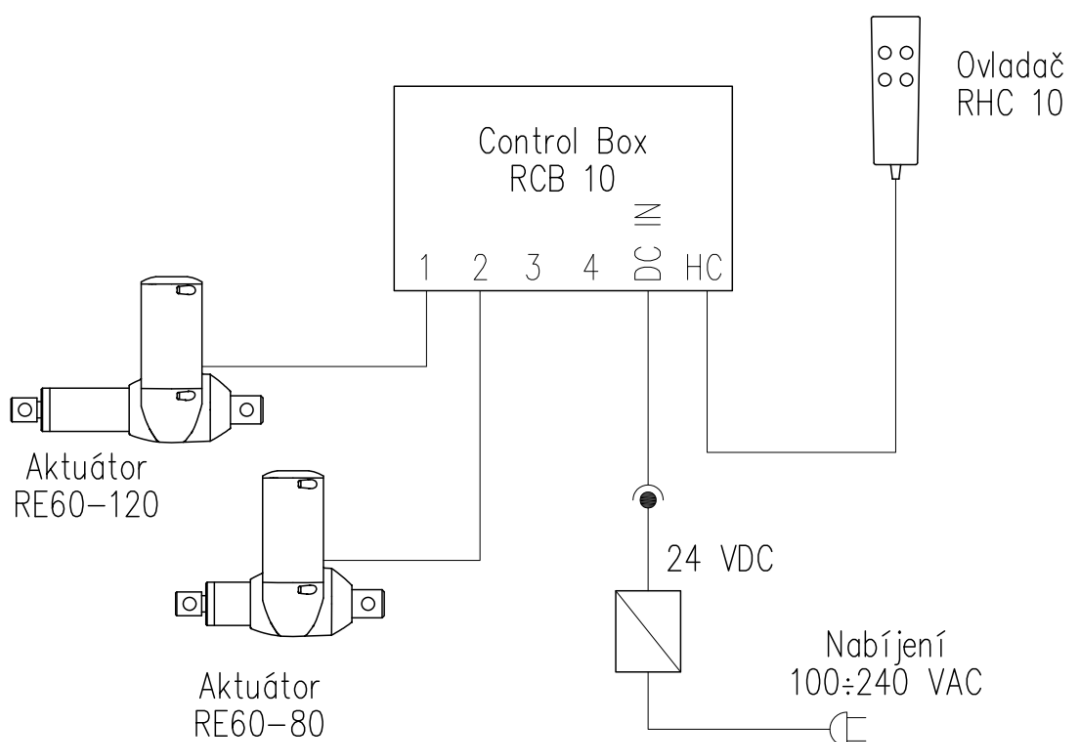
Tab. 5.9 Technické parametry opěrky ruky

Technické parametry opěrky ruky	
Délka	25 cm
Šířka	9 cm
Výška	3 cm
Provedení	gelový polštář



Obr. 5.28 Gelová opěrka ruky [20]

## 6 Blokové schéma



Obr. 6.1 Blokové schéma zapojení

Na Obr. 6.1 je znázorněno blokové schéma zapojení. Kontrol box je umístěn na podvozku. Motory jsou zapojeny jednotlivě do kanálů 1 a 2. Motory disponují vestavěnými koncovými senzory pro detekování krajních poloh.

Ovládání je řešeno přes příruční ovladač, který je zavěšen na háku umístěném u pravé ruky opěrky. V případě vybití akumulátoru (signalizace na ovladači) je nutné připojit napájení. Nabíjecí konektor však není přístupný kvůli ochrannému měchu. Proto je z nabíjecího konektoru veden prodlužovací kabel, který vede na stěnu krytu na zadní straně zařízení, kde se již pohodlně napájecí napětí zapojí.

## 7 Cenová kalkulace

V této kapitole je orientačně spočítaná celková cena navrženého zařízení. U některých nakupovaných položek byla cena stanovena odhadem.

V případě nákupu v zahraničí je cena přepočtena do tuzemské měny v kurzech ke dni 14. 5. 2017. Jedná se o americký dolar - 24,29 Kč.

	Položka	Množství	Jednotková cena	Cena
vyráběné celky	Podvozek	1	11 196 Kč	11 196 Kč
	Rameno 1	1	4 242 Kč	4 242 Kč
	Rameno 2	1	2 644 Kč	2 644 Kč
	Rám horní	1	12 729 Kč	12 729 Kč
	Rám opěradla	1	5 845 Kč	5 845 Kč
	Rám sedačky	1	4 207 Kč	4 207 Kč
	Rám opěrky ruky	2	3 010 Kč	6 020 Kč
nakupované položky	Kladka TENTE LINEA safety	2	1 500 Kč	3 000 Kč
	Kladka TENTE LINEA	2	1 000 Kč	2 000 Kč
	Kontrolbox RCB 10	1	15 000 Kč	15 000 Kč
	Aktuátor RE60-80	1	10 000 Kč	10 000 Kč
	Aktuátor RE60-120	1	11 000 Kč	11 000 Kč
	Ovladač RHC 10	1	2 000 Kč	2 000 Kč
	Brzdová páka Varia	2	631 Kč	1 263 Kč
	Podsedač (výroba)	1	5 000 Kč	5 000 Kč
	Opěradlo Jay J3	1	8 000 Kč	8 000 Kč
	Opěrka ruky gelová (1 pár)	1	1 500 Kč	1 500 Kč
	Kabeláž	-	-	1 500 Kč
	Kluzná pouzdra Igus	-	-	2 100 Kč
	Spojovací materiál (čepy, šrouby)	-	-	3 037 Kč
	<b>Cena celkem</b>			<b>112 280 Kč</b>

Celková cena zařízení je 112 280 Kč vyjma nákladů na konstruktérovu a programátorovu práci. Rovněž není započtena instalace zařízení u zákazníka.

## 8 Výpočtová část

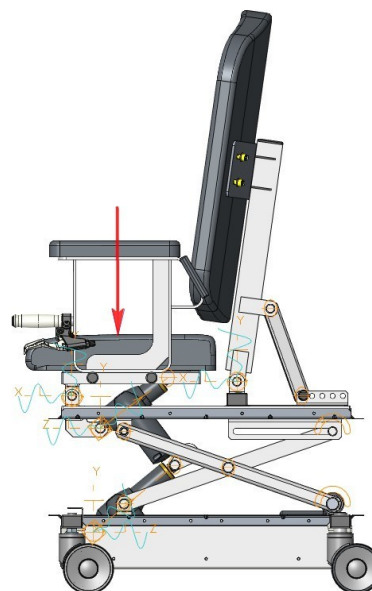
V této kapitole jsou provedeny kontrolní výpočty vybraných dílů konstrukce a pevnostní analýzy významných konstrukčních celků. Pevnostní analýzy jsou provedeny v programu Creo Simulate.

### 8.1 Definování dynamický analýz

Pro výpočet sil působících na konstrukci byly vytvořeny 3 dynamické analýzy, které simulují 3 různé situace, aby byly zjištěny maximální síly v jednotlivých konstrukčních uzlech za účelem správného dimenzování součástí a definování sil při pevnostních analýzách.

#### 8.1.1 Analýza 1 – sed pacienta na křesle

V této analýze sedí pacient v klidu na křesle a přenáší celou svou hmotnost na konstrukci křesla (počítáno s maximální nosností křesla 120 kg). Tíha člověka je zde charakterizována silou působící na sedačku v bodě pomyslného těžiště člověka. Tento bod byl určen pomocí zjednodušeného modelu člověka (viz Obr. 3.2). Celá analýza probíhá v tomto statickém stavu po určitou dobu. Výsledkem jsou konstantní síly.

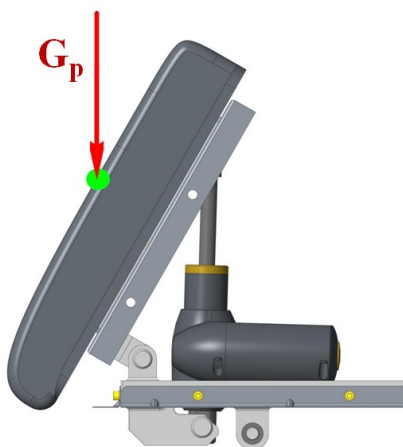


Obr. 8.1 Analýza 1

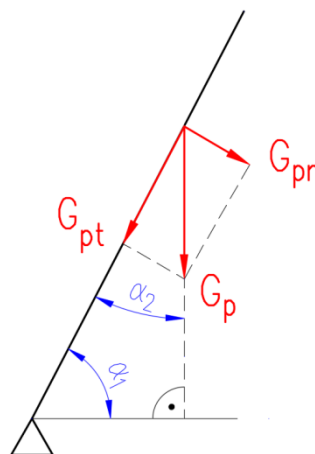
#### 8.1.2 Analýza 2 - zvedání pacienta

V této analýze se pacient pohybuje z výchozí do koncové polohy. Analýza se zastaví ve chvíli, kdy je dosažen maximální úhel sedačky, který je omezen zdvihem příslušného lineárního aktuátoru.

Model člověka jako zatěžujícího elementu zde bohužel není možné použít, protože dochází k nesprávnému rozložení sil. Proto je situace zjednodušena na definici proměnné působící síly na sedací část.



Obr. 8.2 Nahrazení modelu člověka silou



Obr. 8.3 Schéma nahrazení modelu člověka silou

Dáno pro Obr. 8.3:

Tíhová síla pacienta:  $G_p = 1200 \text{ N}$

Úhel naklonění sedačky  $\alpha_1 = 60^\circ$

Toto nahrazení spočívá v tom, že model člověka nahradím silou proměnnou v čase. Počáteční hodnota síly vychází z maximální nosnosti křesla, tj. 120 kg (cca 1200 N). Síla na konci pohybu vychází z předpokladu, že pacient v koncové poloze stále působí svou tíhovou silou na sedací část, ale pod úhlem jejího maximálního naklonění.

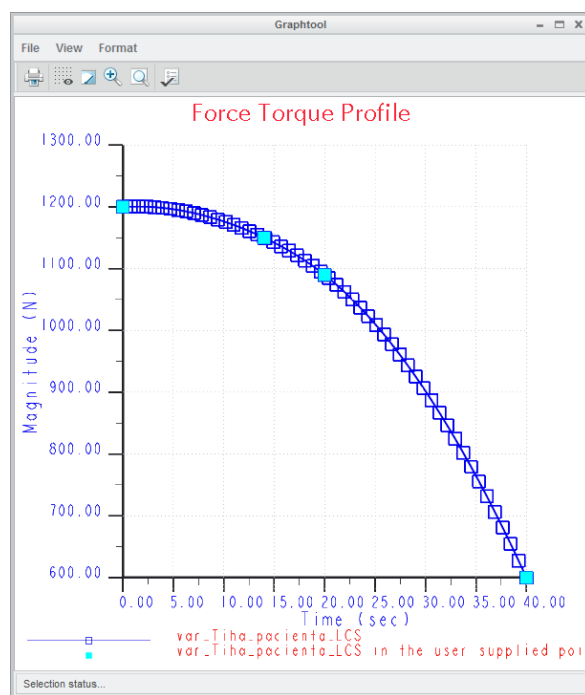
Platí tedy:

$$\alpha_2 = 90 - \alpha_1 = 90 - 60 = 30^\circ \quad (8.1)$$

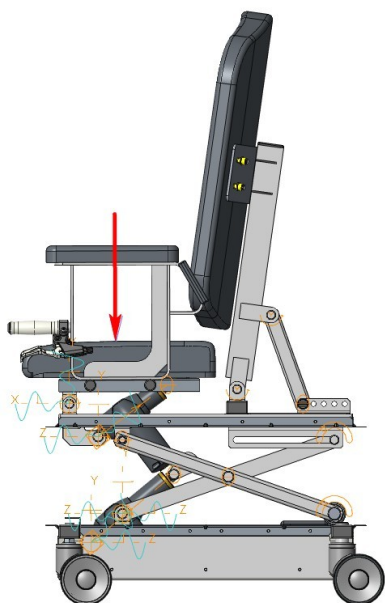
$$G_{pn} = G_p \cdot \sin \alpha_2 = 1200 \cdot \sin 30^\circ = 600 \text{ N} \quad (8.2)$$

V koncové poloze tedy pacient působí na sedací část silou 600 N. Síla  $G_{pt}$  je již v této poloze přenášena na dolní končetiny pacienta.

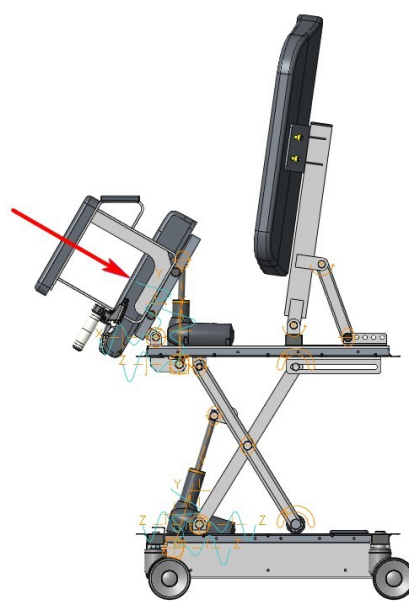
Na Obr. 8.4 je vyobrazen graf definované síly v programu PTC Creo. Počáteční a koncový bod byl vypočten. Průběh síly byl vykreslen odhadem dvou dalších bodů a jejich proložením křivkou pomocí interpolace.



Obr. 8.4 Proměnná síla definovaná v programu Creo



Obr. 8.5 Analýza 2 - výchozí poloha

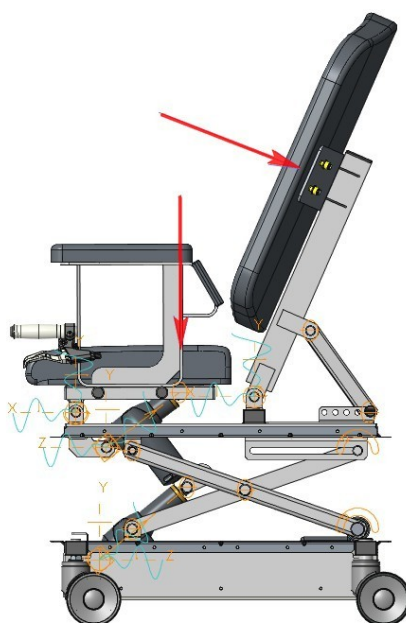


Obr. 8.6 Analýza 2 - koncová poloha

### 8.1.3 Analýza 3 - pacient je opřen o opěradlo ve sklopené poloze

V této analýze je pacient opřen o opěradlo ve své maximální sklopené poloze. Hmotnost pacienta se tímto rozloží mezi sedací část a opěradlo. Tento poměr byl zvolen odhadem 80/40 kg.

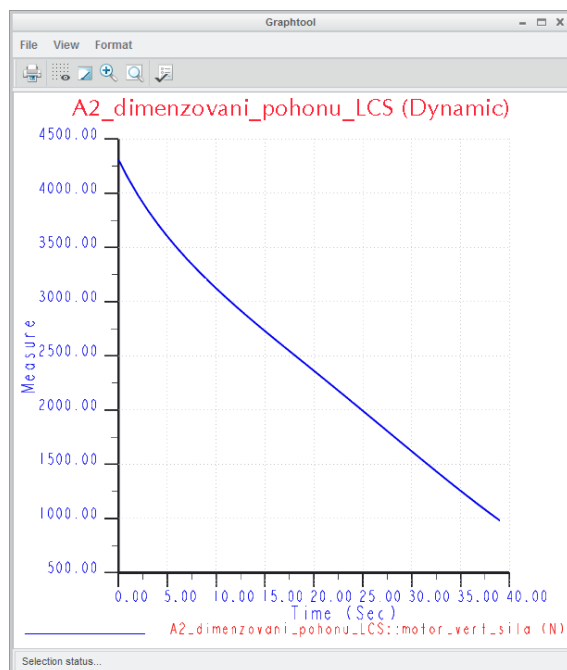
V této poloze má pacient těžiště posunuté více směrem dozadu. Působí síly na opěradlo bylo zvoleno odhadem uprostřed tvarované části opěradla.



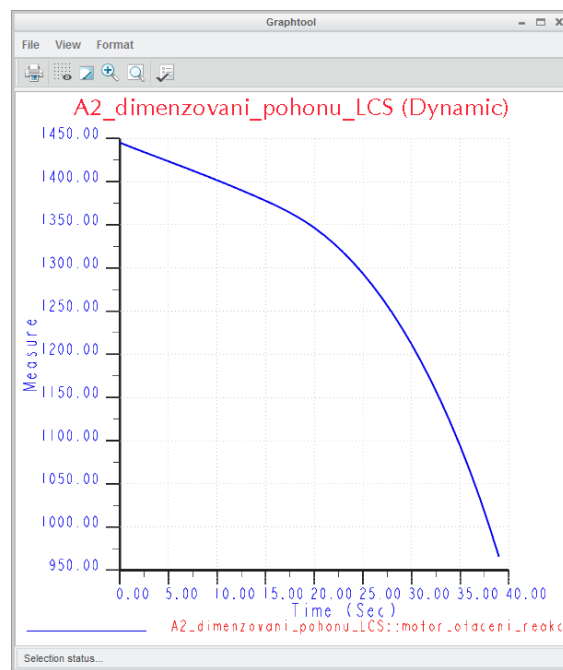
Obr. 8.7 Analýza 3

## 8.2 Dimenzování pohonů

Lineární aktuátory zajišťují polohování křesla. Pro jejich dimenzování byla definována analýza 2. Spuštěním analýzy v programu Creo jsou zjištěny průběhy sil na jednotlivých aktuátorech.



Obr. 8.8 Průběh síly aktuátoru RE60-120



Obr. 8.9 Průběh síly aktuátoru RE60-80

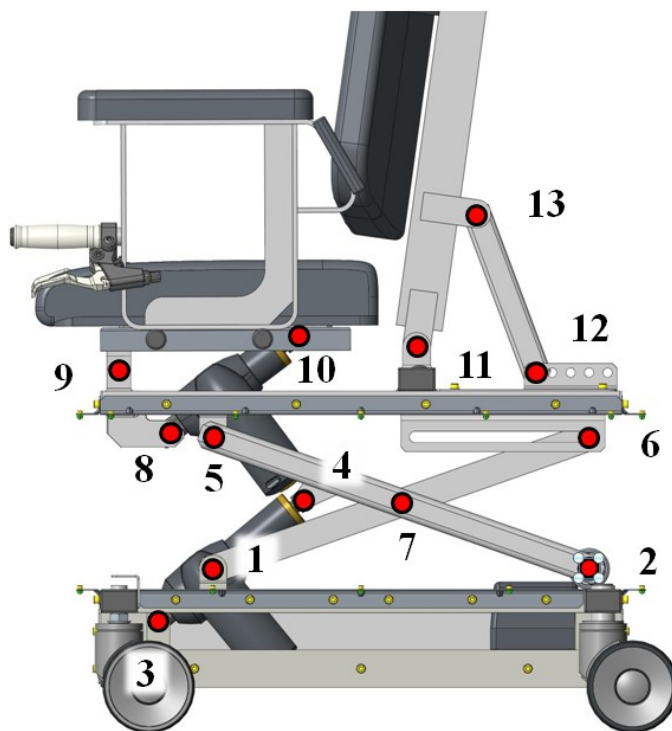
Zvolené lineární aktuátory disponují silou v tlaku až 5000 N. Dle zjištěných průběhů jsou zvolené aktuátory vyhovující.

Aktuátor pro naklopení sedací části (RE60-80) je předimenzován. Byl však v konstrukci ponechán z důvodu malé montážní délky, která byla důležitým kritériem volby pohonu.



### 8.3 Dimenzování součástí

Zde jsou provedeny ruční výpočty stěžejních součástí, které přenášejí zatížení. Každá součást je dimenzována na maximální sílu zjištěnou v uzlu pomocí dynamických analýz. Jednotlivé vyšetřované uzly jsou uvedeny na Obr. 8.10. Příloha A obsahuje všechny zjištěné síly, které jsou ve výpočtech použity.



Obr. 8.10 Označení vyšetřovaných uzlů

#### 8.3.1 Použité vztahy pro kontrolu otlačení čepů

Výpočet průměru čepu z ohybového namáhání

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_{o\max}}{\pi \cdot \frac{d_v^3}{32}} = \frac{32 \cdot M_{o\max}}{\pi \cdot d_v^3} \leq \sigma_{do} = \frac{R_e}{k_\zeta} \quad (8.3)$$

$$d_v \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{o\max} \cdot k_\zeta}{\pi \cdot R_e}} \quad (8.4)$$

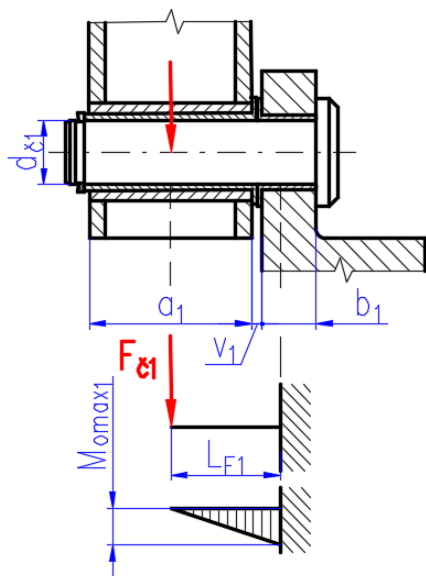
Kontrola čepu na otlačení

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D \quad (8.5)$$

### 8.3.2 Uzel 1

Čep je vyroben z oceli 14 220.4. Na obou spojovaných součástech jsou kluzná pouzdra, která jsou kontrolována na otláčení.

Stejný čep je použit u uzlu 5 (nižší namáhání).



Dáno:

$$F_{\check{c}1} = 1\,772\text{ N (Příloha A)}$$

$$a_1 = 30\text{ mm}$$

$$b_1 = 10\text{ mm}$$

$$v_1 = 2\text{ mm}$$

$$k_{\check{c}} = 2$$

$$R_e = 590\text{ MPa}$$

$$p_{Dklp} = 80\text{ MPa (Příloha E)}$$

Obr. 8.11 Schéma namáhání čepu v uzlu 1

Výpočet průměru čepu z ohybu

$$L_F = \frac{b_1}{3} + v_1 + \frac{a_1}{2} = \frac{10}{3} + 2 + \frac{30}{2} = 20,3\text{ mm} \quad (8.6)$$

$$d_{v1} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F_{\check{c}1} \cdot L_F \cdot k_{\check{c}}}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1772 \cdot 20,3 \cdot 2}{\pi \cdot 590}} = 10,77\text{ mm} \quad (8.7)$$

Volím čep o průměru  $d_{\check{c}1} = 12\text{ mm}$ .

Kontrola otláčení kluzného pouzdra

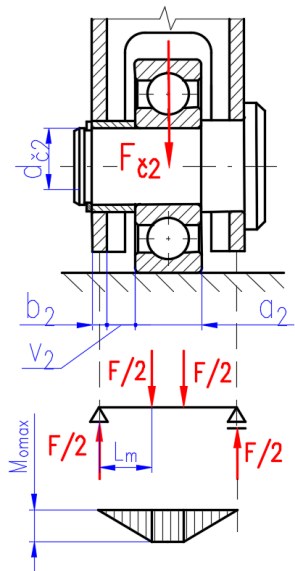
$$p_1 = \frac{F}{S} = \frac{F_{\check{c}1}}{d_{\check{c}1} \cdot b_1} = \frac{F_{\check{c}1}}{d_{\check{c}1} \cdot b_1} = \frac{1772}{12 \cdot 10} = 14,8\text{ MPa} < 80\text{ MPa} \quad (8.8)$$

Čep i kluzné pouzdro vyhovují.

### 8.3.3 Uzel 2

Čep je vyroben z oceli 11 700. Jeho průměr je dán zvoleným kuličkovým ložiskem. S ohledem na předchozí případ, čep při zatížení na ohyb vyhovuje. Vidlice (mat. 11 523) je kontrolována na otláčení.

Ložisko bylo zvoleno na základě velikosti čtvercového profilu, ve kterém se nachází, aby bylo schopno správně fungovat.



Dáno:

$$F_{\text{č2}} = 742 \text{ N (Příloha A)}$$

$$d_{\text{č2}} = 15 \text{ mm}$$

$$a_2 = 13 \text{ mm}$$

$$b_2 = 5,5 \text{ mm}$$

$$v_2 = 2 \text{ mm}$$

$$k_{\text{č}} = 2$$

$$R_e = 355 \text{ MPa}$$

$$p_D = 100 \text{ MPa}$$

Obr. 8.12 Schéma namáhání čepu v uzlu 2

#### Kontrola otláčení kluzného pouzdra

$$p_2 = \frac{F}{S} = \frac{F_{\text{č2}}}{2 \cdot d_{\text{č2}} \cdot b_2} = \frac{742}{2 \cdot 15 \cdot 3} = 8,24 \text{ MPa} < 100 \text{ MPa} \quad (8.9)$$

Materiál vidlice vyhovuje.

#### Kontrola ložiska na statickou únosnost

Vzhledem k tomu, že ložisko pouze umožňuje funkci nůžkového mechanismu (nízké otáčky, občasné otáčení), je kontrolováno staticky. Ložisko je od firmy ZKL Group [17].

Dáno:

$$F_r = F_{\text{č2}} = 742 \text{ N}$$

$$X_0 = 0,6 \rightarrow \text{str. 515, [25]}$$

$$F_a = 0$$

$$Y_0 = 0,5 \rightarrow \text{str. 515, [25]}$$

$$C_0 = 5\,330 \text{ N} \rightarrow [17]$$

Ekvivalentní statické zatížení:

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a > C_0$$

$$P_0 = 0,6 \cdot 742 + 0,5 \cdot 0 = 445,2 \text{ N} < C_0 = 5\,330 \text{ N}$$

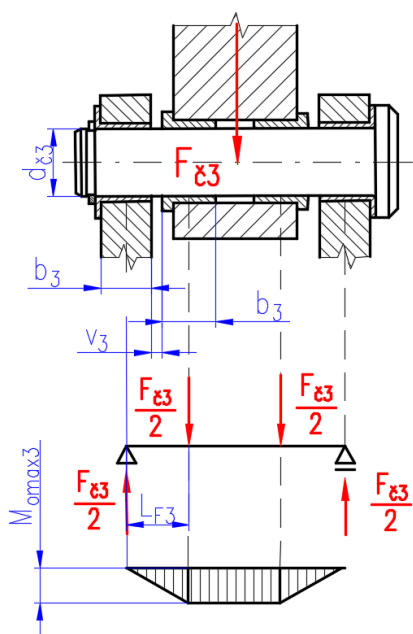
Statická bezpečnost:

$$s_0 = \frac{C_0}{P_0} = \frac{5\,330}{445,2} = 12 > 1,5 - \text{vyhovuje}$$

### 8.3.4 Uzel 3

Čep je vyroben z oceli 11 700. Jeho průměr je dán otvorem ve vidlici lineárního aktuátoru. Kluzná pouzdra jsou v oku motoru (od výrobce) i ve vidlici rámu.

V uzlu 4, 8 a 10 je použit čep stejného průměru z důvodu stejného uložení a stejného nebo nižšího namáhání.



Dáno:

$$F_{\text{č3}} = 4\,124 \text{ N (Příloha A)}$$

$$d_{\text{č3}} = 12 \text{ mm}$$

$$b_L = 10 \text{ mm}$$

$$b_3 = 10 \text{ mm}$$

$$v_3 = 1 \text{ mm}$$

$$R_e = 355 \text{ MPa}$$

$$p_{Dklp} = 80 \text{ MPa (Příloha E)}$$

Obr. 8.13 Schéma namáhání čepu v uzlu 3

Kontrola průměru čepu na ohyb

$$L_{F3} = \frac{b_3}{2} + v_3 + \frac{b_L}{2} = \frac{10}{2} + 1 + \frac{10}{2} = 11 \text{ mm} \quad (8.10)$$

$$\sigma_o = \frac{32 \cdot M_{omax}}{\pi \cdot d_{\text{č3}}^3} = \frac{32 \cdot \frac{F_{\text{č3}}}{2} \cdot L_{F3}}{\pi \cdot d_{\text{č3}}^3} = \frac{32 \cdot \frac{4124}{2} \cdot 11}{\pi \cdot 12^3} = 133,7 \text{ MPa} \quad (8.11)$$

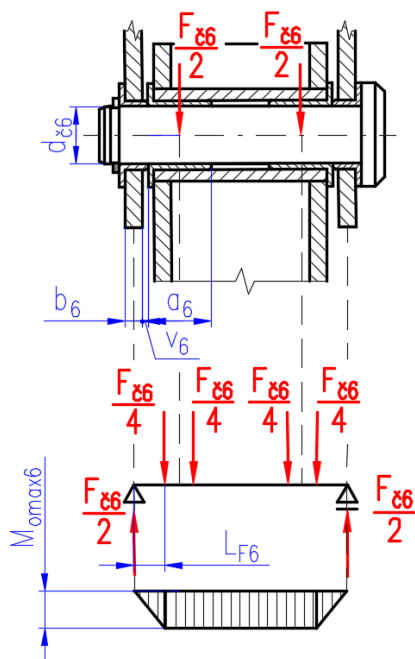
$$\sigma_o = \frac{R_e}{k_{\text{č3}}} \rightarrow k_{\text{č3}} = \frac{R_e}{\sigma_o} = \frac{355}{133,7} = 2,66 \rightarrow \text{čep vyhovuje} \quad (8.12)$$

Kontrola otláčení kluzného pouzdra

$$p_3 = \frac{F}{S} = \frac{F_{\text{č3}}}{2 \cdot d_{\text{č3}} \cdot b_3} = \frac{4124}{2 \cdot 12 \cdot 10} = 17,2 \text{ MPa} < 100 \text{ MPa} \rightarrow \text{pouzdro vyhovuje} \quad (8.13)$$

### 8.3.5 Uzel 6

Čep je vyroben z oceli 11 700. Spolu s kluzným pouzdrům slouží jako vedení v drážce při pohybu nůžkového mechanismu.



Dáno:

$$F_{\check{c}6} = 415 \text{ N (Příloha A)}$$

$$a_6 = 12 \text{ mm}$$

$$b_6 = 3 \text{ mm}$$

$$v_6 = 1 \text{ mm}$$

$$R_e = 355 \text{ MPa}$$

$$p_{Dklp} = 150 \text{ MP (Příloha F)}$$

$$k_{\check{c}6} = 2$$

$$r_s = 0,25$$

Obr. 8.14 Schéma namáhání čepu v uzlu 6

#### Kontrola průměru čepu na ohyb

$$L_{F6} = \frac{b_6}{2} + v_6 + \frac{a_6}{4} = \frac{3}{2} + 1 + \frac{12}{4} = 5,5 \text{ mm} \quad (8.14)$$

$$d_{v6} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \frac{F_{\check{c}6}}{2} \cdot L_{F6} \cdot k_{\check{c}}}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \frac{415}{2} \cdot 5,5 \cdot 2}{\pi \cdot 355}} = 4 \text{ mm} \quad (8.15)$$

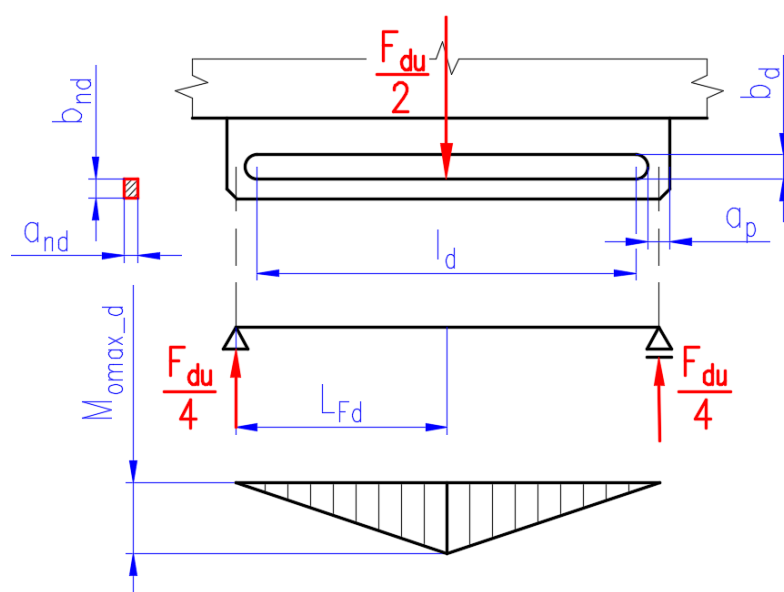
Volím čep o průměru  $d_{\check{c}6} = 10 \text{ mm}$

#### Kontrola otlačení kluzného pouzdra

Měrný tlak je teoreticky na styčné úsečce pouzdra a bočnice. Tento stav je přeformulován na styčnou plochu definovanou ramenem valivého odporu deformace pouzdra (odhad). Z důvodů vyššího měrného tlaku je zvolen materiál kluzného pouzdra Iglidur Z, který je odolnější vůči hranovému zatížení.

$$p_6 = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_{\check{c}6}}{2}}{2 \cdot r_s \cdot b_6} = \frac{\frac{415}{2}}{2 \cdot 0,25 \cdot 6} = 69,2 \text{ MPa} < 150 \text{ MPa} \rightarrow \text{pouzdro vyhovuje} \quad (8.16)$$

## Kontrola drážky na ohyb



Dáno:

$$F_{du} = 111 \text{ N (Příloha A)}$$

$$l_d = 190 \text{ mm}$$

$$b_d = 12 \text{ mm}$$

$$a_p = 9 \text{ mm}$$

$$a_{nd} = 3 \text{ mm}$$

$$b_{nd} = 10 \text{ mm}$$

$$R_e = 355 \text{ MPa}$$

Obr. 8.15 Schéma namáhání profilu s drážkou v uzlu 6

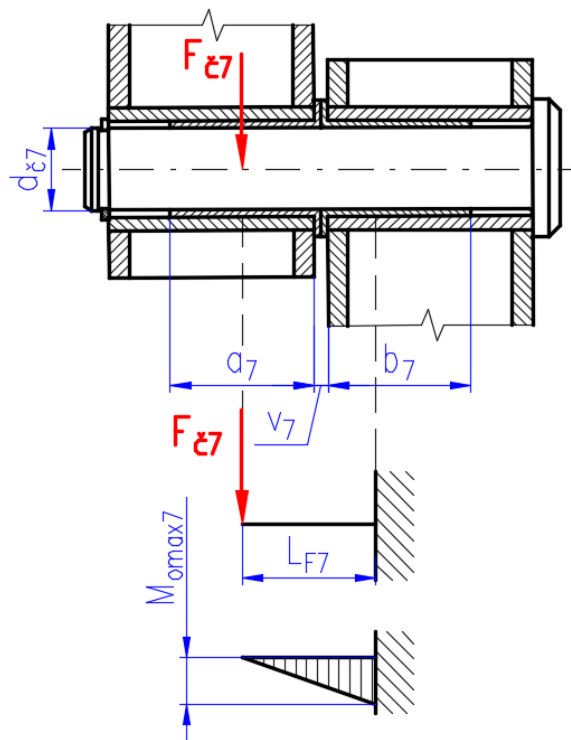
$$L_{Fd} = \frac{l_d}{2} + \frac{b_d}{2} + \frac{a_p}{2} = \frac{190}{2} + \frac{12}{2} + \frac{9}{2} = 105,5 \text{ mm} \quad (8.17)$$

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{\frac{F_{du}}{4} \cdot L_{Fd}}{\frac{a_{nd} \cdot b_{nd}^2}{6}} = \frac{3 \cdot F_{du} \cdot L_{Fd}}{2 \cdot a_{nd} \cdot b_{nd}^2} = \frac{3 \cdot 111 \cdot 105,5}{2 \cdot 3 \cdot 10^2} = 58,6 \text{ MPa} \quad (8.18)$$

$$\sigma_o = \frac{R_e}{k_d} \rightarrow k_d = \frac{R_e}{\sigma_o} = \frac{355}{58,6} = 6,1 \rightarrow \text{čep vyhovuje} \quad (8.19)$$

### 8.3.6 Uzel 7

Čep je vyroben z oceli 11 700 a je uložen v kluzných ložiscích v obou součástech.



Dáno:

$$F_{\check{c}7} = 2032 \text{ N (Příloha A)}$$

$$a_7 = 21 \text{ mm}$$

$$b_7 = 21 \text{ mm}$$

$$v_7 = 2 \text{ mm}$$

$$R_e = 590 \text{ MPa}$$

$$p_{Dklp} = 80 \text{ MPa (Příloha E)}$$

$$k_{\check{c}7} = 2$$

Obr. 8.16 Schéma namáhání čepu v uzlu 7

Návrh průměru čepu z ohybového namáhání

$$L_{F7} = \frac{b_7}{3} + v_7 + \frac{a_7}{2} = \frac{21}{3} + 2 + \frac{21}{2} = 23 \text{ mm} \quad (8.20)$$

$$d_{v7} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F_{\check{c}7} \cdot L_{F7} \cdot k_{\check{c}}}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2032 \cdot 23 \cdot 2}{\pi \cdot 590}} = 11,73 \text{ mm} \quad (8.21)$$

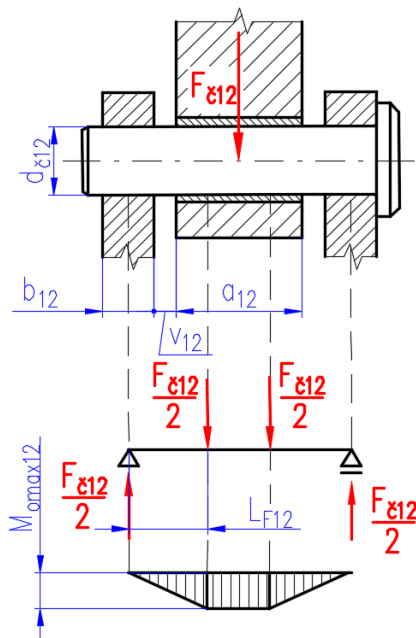
Volím čep o průměru  $d_{\check{c}7} = 14 \text{ mm}$

Kontrola otlačení kluzného pouzdra

$$p_7 = \frac{F}{S} = \frac{F_{\check{c}7}}{d_{\check{c}7} \cdot b_7} = \frac{2032}{14 \cdot 21} = 6,9 \text{ MPa} < 80 \text{ MPa} \rightarrow \text{pouzdro vyhovuje} \quad (8.22)$$

### 8.3.7 Uzel 12

Čep je vyroben z oceli 11 700. Na páce je uložen v kluzném pouzdru, zatímco v bočnicích je bez pouzder. Tento výpočet slouží rovněž pro uzly 9, 11, 13, kde je podobné uspořádání a nižší zatížení.



Dáno:

$$F_{\check{c}12} = 1\,131\,N \text{ (Příloha A)}$$

$$a_{12} = 20\,mm$$

$$b_{12} = 3\,mm$$

$$v_{12} = 2\,mm$$

$$R_e = 355\,MPa$$

$$p_D = 100\,MPa$$

$$k_{\check{c}12} = 2$$

Obr. 8.17 Schéma namáhání čepu v uzlu 12

#### Návrh průměru čepu z ohybového namáhání

$$L_{F12} = \frac{b_{12}}{2} + v_{12} + \frac{a_{12}}{4} = \frac{3}{2} + 2 + \frac{20}{4} = 8,5\,mm \quad (8.23)$$

$$d_{v12} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \frac{F_{\check{c}12}}{2} \cdot L_{F12} \cdot k_{\check{c}}}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \frac{1131}{2} \cdot 8,5 \cdot 2}{\pi \cdot 355}} = 6,5\,mm \quad (8.24)$$

Volím čep o průměru  $d_{\check{c}12} = 10\,mm$

#### Kontrola otlačení bočnic

$$p_{12} = \frac{F}{S} = \frac{F_{\check{c}12}}{d_{\check{c}12} \cdot b_{12}} = \frac{1131}{2 \cdot 10 \cdot 3} = 6,9\,MPa < 100\,MPa \rightarrow \text{pouzdro vyhovuje} \quad (8.25)$$



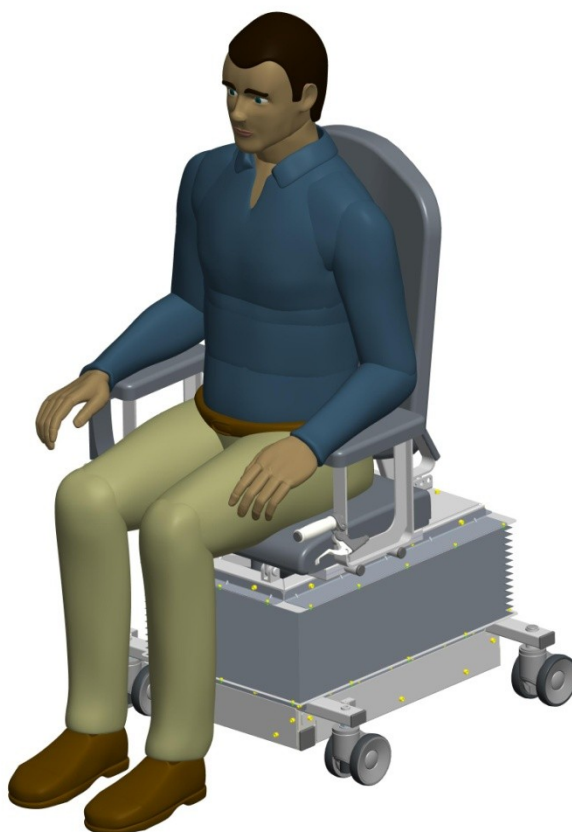
## 9 Ukázka praktického využití



Obr. 9.1 Výchozí poloha křesla



Obr. 9.2 Koncová poloha křesla



Obr. 9.3 Využití vestavěného modelu člověka

## **Závěr**

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout křeslo s podporou vstávání pacienta do stojící polohy.

Úvod práce se zabývá nastíněním problematiky zadané servisní úlohy a průzkumem již dostupných zařízení na trhu. Byla nalezena široká škála zařízení v různých cenových hladinách, s čímž souvisí rozmanitost typu pohonů a použitých materiálů.

Na základě zadání a zjištěných informací byly stanoveny požadavky, podle kterých proběhl návrh 3 variant řešení. Varianty jsou navrhovány z pohledu mechanismu, což je hlavní prvek, který slouží k dosažení požadovaného pohybu. Konstrukce celého křesla se poté přizpůsobovala zvolenému mechanismu. Byla zvolena kritéria, na základě kterých byla vybrána optimální varianta, jež byla podrobně rozpracována.

Optimální variantou se stalo řešení, které vyloučilo použití táhel pro rotaci opěrek rukou spolu se sedačkou. Zjednodušila se tím tak konstrukce a zařízení tím získalo přívětivější vzhled. Konstrukce finální řešení je podrobně popsána pomocí obrázků a vhodných komentářů. Poté je sepsán seznam nakupovaných položek se stručnými parametry od různých výrobců, které byly použity při finálním návrhu. Vzhledem k přítomnosti elektrických pohonů bylo třeba nakreslit blokové schéma zapojení, které stanovuje, jakým způsobem se pohony zapojují do kontrolboxu. V konečné fázi je zpracována tabulka s orientačním výpočtem celkové ceny zařízení bez započtení práce konstruktéra a programátora.

Výpočtová část se zabývá kontrolními výpočty důležitých konstrukčních uzlů, aby bylo zaručeno, že zařízení je správně navrženo. Ručním výpočtem byly kontrolovány jednoduché součásti. Pro vyšetření velkých konstrukčních celků byl využit modul Simulate v programu PTC Creo, s jehož pomocí byly vypracovány pevnostní analýzy, které jsou uvedeny v příloze. Součástí práce je rovněž výkresová dokumentace všech hlavních podsestav a výrobní výkresy vybraných dílů.

Na závěr práce jsou uvedeny finální vyobrazení zařízení v provozu s využitím vlastního zjednodušeného modelu člověka i vestavěného modulu „Manikin“ (detailní model člověka) v programu PTC Creo.

Pevnostní analýzy ukázaly, že některá řešení uzlů trpí vyšším zatížením, které by se mohly při dynamickém namáhání vyšplhat ještě výše. Tyto uzly by bylo zapotřebí optimalizovat, popř. vymyslet jejich jiné řešení. Rovněž zdvihací mechanismus není navržen do optimální formy. V tomto stavu má velkou zástavbovou výšku, když je ve své nejnižší poloze. Kvůli tomuto je zařízení vhodné spíše pro pacienty s výškou 170 - 190 cm.

## Seznam použité literatury

- [1] Biomechanical Analysis of the Sit-to-Stand Movement. *Prezi* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://prezi.com/dswjv3ta7qiv/biomechanical-analysis-of-the-sit-to-stand-movement/>
- [2] Seat Lifts Raise You Up Off Your Chair. *Handicap Equipment* [online]. 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.handicappedequipment.org/seat-lifts-raise-up-chair/>
- [3] Jak vybrat polohovací křeslo. *Zdravotní potřeby Drdlová* [online]. 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://zdravotnicke-potreby-welnes.cz/cs/aktuality/jak-vybrat-polohovací-kreslo>
- [4] Podsedák s automatickou podporou vstávání, pro váhu 90-155 kg. *Žijte kvalitně* [online]. 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.zijtekvalitne.cz/rehabilitacni-pomucky/podsedak-s-automatickou-podporou-vstavani--pro-vahu-90-155-kg/>
- [5] Elektrické polohovací relaxační křeslo pro seniory. *Zdravotní potřeby Drdlová* [online]. 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://zdravotnicke-potreby-welnes.cz/cs/sedacky-nastavce-voziky-choditka/relaxacni-a-geriaticka-kresla/elektricka-relaxacni-kresla/elektricke-polohovací-relaxacni-kreslo-pro-seniory>
- [6] Multifunkční křeslo SELLA pro převoz pacientů. *Pěkný nábytek* [online]. 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.pekny-nabytek.cz/multifunkcni-kreslo-pro-pacienty>
- [7] F5 VS. *Permobil* [online]. 2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [www.permobil.com/en-GB/English/C/Products/F5VS/](http://www.permobil.com/en-GB/English/C/Products/F5VS/)
- [8] Eco Solutions Company Design Center. *Panasonic* [online]. 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [http://panasonic.net/design/activity/eco\\_solutions.html#header](http://panasonic.net/design/activity/eco_solutions.html#header)
- [9] Henry Dreyfuss. *Human Factors and User Centered Design* [online]. 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://luke1877.blogspot.cz/>
- [10] TÖZEREN, Aydin. *Human body dynamics: classical mechanics and human movement*. New York: Springer, c2000. ISBN 03-879-8801-7.
- [11] *Ferona* [online]. 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/index.php>
- [12] *Feromax* [online]. 2013 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.feromax.cz/index.php>

- [13] LINEA. *TENTE* [online]. 2015 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://www.tente.com/cz-cz/5940uac100r05-22-ral9002.html>
- [14] LINEA safety. *TENTE* [online]. 2015 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://www.tente.com/cz-cz/594duap100s70-m10x25-safety.html>
- [15] LOCTITE AA V5004. *LOCTITE* [online]. 2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.loctite.cz/Loctite-6700.htm?nodeid=8802630008833>
- [16] Zátky do jeklů a trubek. *Essentra Components* [online]. 2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.essentracomponents.cz/zatky-do-jeklu-a-trubek>
- [17] Single row deep groove ball bearings d = 2 - 170 mm. *ZKL Group* [online]. 2012 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.zkl.cz/en/cat/srbb/6302>
- [18] RE60 Actuator. *REAC* [online]. 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.reac.se/products/actuators/actuator-re60/>
- [19] J3® Back. *Sunrise Medical* [online]. 2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.sunrisemedical.com/seating-positioning/jay/back/j3-back>
- [20] Gel Chair Arm Pads - Ultimate. *Gel Chair Arm Pads* [online]. 2015 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://chairarm pads.com/ultimate-gel-armrest-pads.html>
- [21] LOCTITE 241. *LOCTITE* [online]. 2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.loctite.cz/Loctite-6700.htm?nodeid=8802623455233>
- [22] RCB10. *REAC* [online]. 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.reac.se/products/control-systems/rcb10/>
- [23] RHC10. *REAC* [online]. 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.reac.se/products/control-systems/rhc10/>
- [24] Varia SELF-LOCKING LEVER. *Bike Depot* [online]. 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://bikedepot.com/product/varia-self-locking-lever/>
- [25] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.

## Seznam příloh

Příloha A	Silové účinky v konstrukčních uzlech	(text)
Příloha B	Pevnostní analýzy konstrukčních celků	(text)
Příloha C	Lineární aktuátor REAC RE60	(e-katalog)
Příloha D	Kontrolbox RCB10	(e-katalog)
Příloha E	Kluzná pouzdra Iglidur® G	(e-katalog)
Příloha F	Kluzná pouzdra Iglidur® Z	(e-katalog)
Příloha G	Silové účinky v konstrukčních uzlech	(Excel)
Příloha H	Silové účinky pro pevnostní analýzy	(Excel)

## Výkresová dokumentace

### Seznam výkresové dokumentace

TIZ0005.00.000	Křeslo
TIZ0005.00.001	Podvozek
TIZ0005.00.002	Rameno 1
TIZ0005.00.003	Rameno 2
TIZ0005.00.004	Rám horní
TIZ0005.00.005	Opěradlo
TIZ0005.00.006	Otočný celek
TIZ0005.00.007	Spojovací díl
TIZ0005.00.008	Čep jisticí
TIZ0005.04.001	Rám - svařenec
TIZ0005.04.101	Profil boční pravý
TIZ0005.04.102	Profil přední
TIZ0005.04.103	Profil boční levý
TIZ0005.04.104	Profil zadní
TIZ0005.04.105	Profil
TIZ0005.04.106	Profil nastavný
TIZ0005.04.107	Okno
TIZ0005.04.108	Okno
TIZ0005.04.109	Plech - motor
TIZ0005.04.110	Okno

CD-ROM: Tížek Adam. *Diplomová práce 2017.*